

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL  
PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE  
SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION -  
PICOTA – SAN MARTIN.**

**TESIS**

**PRESENTADA PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**POR**

**BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR**

**ASESORA: ING. PEGGY GRANDEZ RODRIGUEZ**

**TARAPOTO – PERÚ**

**2017**

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL  
PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE  
SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION -  
PICOTA – SAN MARTIN.**

## **TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**POR**

**BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR**

**SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO**

Presidente : ING. DANIEL DIAZ PEREZ .....

Secretario : ING. ERNESTO ELISEO GARCIA RAMIREZ .....

Miembro : ING. VICTOR HUGO SANCHEZ MERCADO .....

Asesora : ING. PEGGY GRANDEZ RODRIGUEZ .....

## **DEDICATORIA**

A mis padres Hermógenes Vargas y Hermelinda Paucar con amor y cariño por el esfuerzo y sacrificio que realizaron para culminar satisfactoriamente mis estudios superiores.

A mi hermano Marco Antonio Vargas Paucar.

A mi enamorada Hellen Ramírez con amor y cariño por haberme brindado su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional De San Martín – Tarapoto por haberme albergado en su alma mater durante mi formación profesional.

## **INDICE**

PRESENTACION .....	i
CONTRARATULA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	ii
INDICE .....	iii
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
I. INTRODUCCION .....	1
1.1 GENERALIDADES .....	1
1.2 EXPLORACION PRELIMINAR ORIENTADO A LA INVESTIGACION .....	1
1.3 ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO .....	2
1.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DONDE SE DESARROLLARÁ EL PROYECTO .....	2
1.3.2 ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA DEL PROYECTO .....	3
1.3.2.1 ALTITUD .....	3
1.3.2.2 HIDROLOGIA, CLIMA Y TOPOGRAFIA .....	4
1.3.2.3 ACCESO Y VIAS DE COMUNICACIÓN .....	4
1.3.2.4 DEMOGRAFIA Y AREA BENEFICIADA .....	5
1.3.2.5 NIVELES DE VIDA .....	5
1.3.2.6 ACTIVIDADES PRINCIPALES .....	6
1.3.2.7 DESCRIPCION DEL PROYECTO .....	7
II. MARCO TEORICO .....	9
2.1 ANTECEDENTES, PLANTEAMIENTO, DELIMITACION Y FORMULACION DEL PROBLEMA .....	9
2.1.1 ANTECEDENTES, PLANTEAMIENTO Y DELIMITACION .....	9
2.1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA .....	9
2.2 OBJETIVOS: GENERALES Y ESPECIFICOS. ....	10



2.3	JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION. ....	10
2.4	DELIMITACION DE LA INVESTIGACION. ....	11
2.5	MARCO TEORICO. ....	11
2.5.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION. ....	11
2.5.2	MARCO TEORICO O FUNDAMENTACION TEORICA DE LA INVESTIGACION.....	12
2.5.2.1	El agua potable.....	12
2.5.2.2	Calidad del agua.....	12
2.5.2.3	Características físicas del agua.....	13
2.5.2.3.1	Turbiedad . ....	13
2.5.2.3.2	Sólidos y residuos. ....	13
2.5.2.3.3	Color . ....	13
2.5.2.3.4	Olor y sabor. ....	13
2.5.2.3.5	Temperatura.....	14
2.5.2.3.6	Características químicas del agua.....	14
2.5.2.3.7	Alcalinidad . ....	14
2.5.2.3.8	Hierro . ....	14
2.5.2.3.9	Manganeso.....	15
2.5.2.3.10	Ph . ....	15
2.5.2.3.11	Boro . ....	15
2.5.2.3.12	Cadmio . ....	16
2.5.2.4	Características microbiológicas del agua. ....	16
2.5.2.4.1	Coliformes totales.....	16
2.5.2.4.2	Coliformes fecales . ....	16
2.5.2.5	Población Futura ( $P_f$ ). ....	17
2.5.2.5.1	Periodo de diseño.....	17
2.5.2.5.2	Método de cálculo. ....	17

2.5.2.6	Demanda De Agua .....	18
2.5.2.7	Caudales de Diseño .....	19
2.5.2.7.1	Consumo Promedio Diario Anual (Qp) .....	19
2.5.2.7.2	Consumo Máxima Diario (Qmd.) .....	20
2.5.2.8	Disposiciones Generales.....	20
2.5.2.8.1	Generalidades.....	20
2.5.2.8.1.1	Ubicación .....	20
2.5.2.8.1.2	Capacidad.....	21
2.5.2.8.1.3	Acceso.....	21
2.5.2.8.1.4	Área.....	21
2.5.2.8.1.5	Construcción por etapas.....	22
2.5.2.9	Plantas de tratamiento de agua o plantas potabilizadoras .....	22
2.5.2.10	Tipos de plantas de tratamiento de agua.....	22
2.5.2.10.1	Plantas de filtración rápida .....	22
2.5.2.10.1.1	Planta De Filtración Rápida Completa.....	23
2.5.2.10.1.2	Filtración Directa.....	24
2.5.2.10.1.3	Clasificación De Las Plantas De Filtración Rápida Por El Tipo De Tecnología Utilizada.....	25
2.5.2.10.1.3.1	Sistemas de tecnología convencional clásica o antigua.....	26
2.5.2.10.1.3.2	Sistemas Convencionales De Alta Tasa O De Tecnología CEPIS/OPS .....	28
2.5.2.10.1.3.3	Tecnología Importada, De Patente O Plantas Paquete.....	30
2.5.2.10.2	Plantas de filtración lenta .....	31
2.5.2.11	Procesos unitarios de tratamiento de agua potable coagulación.....	33
2.5.2.11.1	Coagulación.....	33
2.5.2.11.2	Mezcla rápida .....	33
2.5.2.11.3	Floculación .....	34
2.5.2.11.4	Sedimentación.....	34

2.5.2.11.5 Filtración.....	35
2.5.2.11.6 Desinfección.....	35
2.5.2.12 Unidades de tratamiento de agua potable .....	35
2.5.2.12.1 Casa de química.....	35
2.5.2.12.1.1 Almacenamiento de las sustancias químicas .....	36
2.5.2.12.1.2 Dosificación.....	38
2.5.2.12.2 Mezcladores .....	41
2.5.2.12.2.1 Parámetros generales de diseño.....	41
2.5.2.12.2.2 Unidades hidráulicas.....	41
2.5.2.12.3 Floculadores.....	45
2.5.2.12.3.1 Parámetros y recomendaciones generales de diseño.....	45
2.5.2.12.3.2 Unidades de pantallas.....	45
2.5.2.12.4 Decantadores laminares.....	47
2.5.2.12.4.1 Decantadores de placas.....	48
2.5.2.12.4.2 Decantadores de flujo ascendente .....	50
2.5.2.12.5 Batería de filtros de tasa declinante y lavado mutuo .....	58
2.5.2.12.5.1 Ventajas de las baterías de filtros de tasa declinante y lavado mutuo .....	58
2.5.2.12.5.2 Descripción de una batería de tasa declinante y lavado mutuo. ....	59
2.5.2.12.5.3 Criterios generales de diseño.....	60
2.5.2.12.6 Sala De Cloración.....	64
2.5.2.12.6.1 Criterios generales de diseño.....	65
2.5.2.12.6.2 Criterios para el dimensionamiento .....	66
 2.5.3 MARCO CONCEPTUAL: TERMINOLOGIA BASICA .....	 67
2.5.3.1 Afluente.....	67
2.5.3.2 Agua potable. ....	67
2.5.3.3 Agua cruda.....	67
2.5.3.4 Agua tratada. ....	67

2.5.3.5	Agua de consumo humano.....	68
2.5.3.6	Calidad de agua. ....	68
2.5.3.7	Caudal máximo diario.....	68
2.5.3.8	Coagulación.....	68
2.5.3.9	Filtración.....	68
2.5.3.10	Floculación....	68
2.5.3.11	Flóculos.....	68
2.5.3.12	Mezcla rápida. ....	68
2.5.3.13	Límite máximo permisible. ....	69
2.5.3.14	Sedimentación.....	69
2.5.3.15	Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano. ....	69
2.5.3.16	Tratamiento de agua.....	69
2.5.3.17	Floculador.....	69
2.5.3.18	Turbiedad de origen coloidal. ....	69
2.5.3.19	Partículas floculentas ....	69
2.5.3.20	Parámetros microbiológicos. ....	70
2.5.3.21	Parámetros organolépticos.....	70
2.5.3.22	Parámetros inorgánicos.....	70
2.5.4	MARCO HISTORICO .....	70
2.6	HIPOTESIS A DEMOSTRAR .....	71
III.	MATERIALES Y METODOS.....	72
3.1	MATERIALES .....	72
3.1.1	RECURSOS HUMANOS .....	72
3.1.2	RECURSOS MATERIALES.....	72
3.1.3	RECURSOS DE EQUIPOS .....	72
3.1.4	OTROS RECURSOS.....	73
3.2	METODOLOGIA .....	73

3.2.1	UNIVERSO, MUESTRA Y POBLACION .....	73
3.2.1.1	UNIVERSO.....	73
3.2.1.2	MUESTRA .....	73
3.2.1.3	POBLACION.....	73
3.2.2	SISTEMA DE VARIABLES .....	73
3.2.2.1	VARIABLES INDEPENDIENTES. ....	73
3.2.2.2	VARIABLE DEPENDIENTE.....	74
3.2.2.3	DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACION .....	74
3.2.3	DISEÑO DE INSTRUMENTOS .....	74
3.2.3.1	Fuentes Técnicas e Instrumentos de Selección de Datos. ....	74
3.2.3.2	Técnicas Estadísticas .....	75
3.2.4	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.....	75
3.2.4.1	Ensayos Preliminares .....	75
3.2.4.2	Diseño De Estructuras.....	77
3.2.4.2.1	Cálculo De Parámetros Necesarios Para El Diseño.....	77
3.2.4.2.1.1	Población Futura .....	77
3.2.4.2.1.2	Calculo De La Dotación .....	78
3.2.4.2.1.3	Calculo Del Caudal De Diseño.....	78
3.2.4.2.2	Diseño Hidráulico De Planta De Tratamiento .....	79
3.2.4.2.2.1	Captación Pontón Flotante.....	79
3.2.4.2.2.2	Calculo Del Sedimentador De Flujo Horizontal .....	84
A.	Dimensionamiento De La Unidad.....	84
B.	Comportamiento Hidráulico De La Unidad.....	86
C.	Diseño De La Cortina De Distribución De Flujo .....	87
3.2.4.2.2.3	Diseño De Casa Química.....	87
A.	Dimensionamiento Del Área De Almacén De Coagulante .....	87
B.	Cálculo de un sistema de dosificación en solución.....	89

C.	Cálculo del difusor y tubería .....	90
3.2.4.2.2.4	Calculo Del Canal De Mezcla Tipo Rampa .....	92
3.2.4.2.2.5	Calculo Del Floculador Hidráulico De Flujo Horizontal .....	96
3.2.4.2.2.6	Calculo De Los Decantadores Laminares Con Placas .....	104
A.	Cálculo Del Canal De Entrada A Los Decantadores. ....	104
B.	Cálculo Del Decantador De Placas Paralelas .....	109
C.	Cálculo de la tubería de distribución de agua floculada a lo largo del módulo de placas. ....	112
D.	Cálculo De Un Colector Múltiple Con Tolvas Separadas. ....	115
3.2.4.2.2.7	Cálculo De Filtro Rápido De Tasa Declinante Y Lavado Mutuo. ....	117
A.	Calculo De Cantidad De Filtros.....	117
B.	Cálculo de la expansión del lecho filtrante, selección de la velocidad de lavado y ubicación de las canaletas de lavado. ....	117
C.	Cálculo de las pérdidas de carga durante el lavado de un filtro y ubicación del vertedero de salida.....	120
D.	Determinación de la ecuación para calcular la carga hidráulica que requiere la batería para operar con tasa declinante. ....	123
3.2.4.2.2.8	Diseño Sala De Cloración.....	125
A.	Dimensionamiento Del Área De Almacén De Cloro.....	125
B.	Cálculo de una estación de cloración.....	126
3.2.4.2.2.9	Calculo De La Cámara De Contacto Y Cisterna De Almacenamiento Para Bombeo.....	129
A.	Cámara de contacto. ....	129
B.	Cisterna de almacenamiento para bombeo .....	129
3.2.4.2.2.10	Calculo De La Perdida De Carga Entre Componentes De La PTAP.....	130
A.	Cámara de regulación de caudal – Sedimentador de flujo horizontal. ....	130
B.	Sedimentador de flujo horizontal – Canal de mezcla rápida tipo rampa.....	131
C.	Canal de recolección de agua tratada – Cisterna de Almacenamiento, .....	133

3.2.5 OTROS.....	134
3.2.5.1 Estimación del costo de operación de la Planta de Tratamiento .....	134
3.2.5.1.1 Gastos Variable.....	134
2.6.1.1.1.1 Calculo de la cantidad de insumos para la coagulación .....	134
2.6.1.1.1.2 Calculo de la cantidad de cloro (Desinfección).....	135
2.6.1.1.1.3 Calculo de la cantidad de energía eléctrica (Electrobombas).....	136
3.2.5.1.2 Gastos Fijos.....	137
3.2.5.1.2.1 Calculo del costo del personal de Operación. ....	137
3.2.5.1.3 Resumen de costo.....	137
3.2.5.1.3.1 Costo por M <sup>3</sup> de agua potable. ....	138
IV. RESULTADOS.....	139
4.1 La fuente de abastecimiento.....	139
4.2 Análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua (cruda). ....	139
4.3 Caudal de diseño de la planta de tratamiento de agua potable.....	139
4.4 Unidades de tratamiento.....	140
4.4.1 Ponto Flotante De Metal .....	140
4.4.2 Sedimentador de flujo horizontal.....	140
4.4.3 Sala de dosificación y/o casa química .....	140
4.4.4 Canal de Mezcla Rápida.....	140
4.4.5 Floculador .....	141
4.4.6 Canal De Distribución Uniforme De Agua Floculada .....	141
4.4.7 Decantadores de placas .....	141
4.4.8 Batería de filtros rápidos de tasa declinante y lavado mutuo .....	142
4.4.9 Sala de cloración .....	143
4.4.10 Cámara De Contacto y/o Cisterna de almacenamiento. ....	144
4.5 Análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua (Tratada).....	144
V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	145

5.1	La fuente de abastecimiento.....	145
5.2	Análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua (cruda).....	145
5.3	Unidades de tratamiento.....	145
5.4	Selección de alternativa.....	145
5.5	Contrastación de la Hipótesis. ....	146
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	147
6.1	CONCLUSIONES .....	147
6.1.1	Análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua (cruda).....	147
6.1.2	Ensayo de pruebas de jarras.....	149
6.1.3	La fuente de abastecimiento y caudal de diseño .....	149
6.1.4	Unidades de tratamiento.....	149
6.1.5	Costo De Operación Y Mantenimiento. ....	150
6.2	RECOMENDACIONES.....	150
VII.	BIBLIOGRAFIA .....	152
VIII.	ANEXO .....	153
8.1	TABLAS .....	153
8.2	PANEL FOTOGRAFICO .....	156
8.2.1	PANEL FOTOGRAFICO DE TRABAJOS DE TOPOGRAFIA.....	156
8.2.2	PANEL FOTOGRAFICO DE ENSAYO DE PRUEBAS DE JARRAS – EMAPA SAN MARTIN. ....	160
8.2.3	PANEL FOTOGRAFICO DE VISITA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE TARAPOTO -CACHIYACU .....	167
8.3	ENSAYO DE PRUEBAS DE JARRAS.....	170



## **INDICE DE TABLAS**

TABLA N° 0 1: DOTACION DE AGUA SEGÚN R.N.E .....	19
TABLA N° 0 2: COEFICIENTE DE VARIACION DE COMSUMO .....	20
TABLA N° 0 3: VALORES PARA DIFERENTES TEMPERATURAS .....	44
TABLA N° 0 4: TASA DE FILTRACION DE UN FILTRO RAPIDO. ....	62
TABLA N° 0 5: CARACTERISTICAS DEL LECHO FILTRANTE .....	64
TABLA N° 0 6: CARACTERISTICAS DE LA ANTRACITA .....	64
TABLA N° 0 7: CARACTERISTICAS DE LOS CILINDROS DE CLORO .....	65
TABLA N° 0 8: CANTIDAD MINIMA DE CILINDROS.....	66
TABLA N° 0 9 : CLORO – TIEMPO DE ALMACENAMIENTO .....	66
TABLA N° 0 10: COMPROBACIÓN DE LA DESVIACIÓN DEL CAUDAL EN EL CANAL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FLOCULADA A VARIOS DECANTADORES	153
TABLA N° 0 11: TASAS USUALES DE FILTRACIÓN EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE OPERACIÓN .....	153
TABLA N° 0 12: LECHO FILTRANTE SIMPLE DE ARENA SOLA .....	153
TABLA N° 0 13: PROPIEDADES TÍPICAS DE MEDIOS FILTRANTES COMUNES PARA FILTROS DE LECHO GRANULAR .....	154
TABLA N° 0 14: TAMAÑOS COMERCIALES DE CLORADORES .....	154

## **INDICE DE FIGURAS**

FIGURA N° 0 1: DECANTADOR RECTANGULAR DE FLUJO HORIZONTAL.....	26
FIGURA N° 0 2: DECANTADOR DE VUELTA EN U .....	27
FIGURA N° 0 3: GALERÍA DE TUBOS CONVENCIONAL.....	27
FIGURA N° 0 4: FLOCULADORES HIDRÁULICOS DE FLUJO VERTICAL.....	28
FIGURA N° 0 5: FLUCOLADORES DE FLUJO HORIZONTAL .....	29
FIGURA N° 0 6: DECANTADOR DE MANTO DE LODOS.....	30
FIGURA N° 0 7: DECANTADOR- PLACAS LAMINARES.....	52

## **INDICE DE GRAFICOS**

GRAFICO N° 0 1: UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL PERÚ .....	3
GRAFICO N° 0 2: UBICACIÓN DEL PROYECTO EN LA REGIÓN .....	3
GRAFICO N° 0 3: ACCESO Y VIAS DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO .....	5
GRAFICO N° 0 4: CURVA DE DOSIFICACION .....	38
GRAFICO N° 0 5: SISTEMA DE DOSIFICACION POR GRAVEDAD .....	39
GRAFICO N° 0 6: MEZCLADORES DE RESALTO HIDRAULICO .....	42
GRAFICO N° 0 7: COMPROBACION DE RESALTO HIDRAULICO .....	44
GRAFICO N° 0 8: FLOCULADOR DE FLUJO HORIZONTAL .....	47
GRAFICO N° 0 9: DECANTADORES DE PLACAS .....	48
GRAFICO N° 0 10: DECANTADORES DE FLUJO ASCENDENTE .....	50
GRAFICO N° 11: DETALLE DE FIJACION DE LAS PLACAS. ....	52
GRAFICO N° 0 12: TUBERIA DE RECOLECCION AGUA DECANTADA .....	54
GRAFICO N° 0 13: CANAL DE RECOLECCION DE AGUA DECANTADA .....	54
GRAFICO N° 0 14 : TOLVAS DE ALMACENAMIENTO DE LODOS .....	56
GRAFICO N° 0 15: DESVIACION .....	56
GRAFICO N° 0 16: DIAMETRO DEL COLECTOR DE LODOS .....	57
GRAFICO N° 0 17: BATERIA DE FILTROS.....	59
GRAFICO N° 0 18: DETALLE DE UN FILTRO RAPIDO .....	60
GRAFICO N° 0 19: DETALLE DE DRENAJE Y .....	62
GRAFICO N° 0 20: CANAL DE INTERCONEXION .....	63
GRAFICO N° 0 21: POROSIDAD DEL LECHO EXPANDIDO ( $\epsilon_i$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE GALILEO ( $Ga$ ) Y DEL NÚMERO DE REYNOLDS .....	154
GRAFICO N° 0 22: GRANULOMETRÍA DEL MEDIO .....	155

## **INDICE DE CUADROS**

CUADRO N° 0 1 : MORBILIDAD SAN CRISTÓBAL AÑO 2003-2007 .....	6
CUADRO N° 0 2: LÍMITES DE CALIDAD DEL AGUA ACEPTABLES PARA EL TRATAMIENTO MEDIANTE FILTRACIÓN RÁPIDA COMPLETA .....	23
CUADRO N° 0 3: LÍMITES DE CALIDAD DEL AGUA PARA PLANTAS DE FILTRACIÓN DIRECTA .....	24
CUADRO N° 0 4: OTROS PARÁMETROS DE CALIDAD IMPORTANTES PARA LA FILTRACIÓN DIRECTA .....	25
CUADRO N° 0 5: LÍMITES DE CALIDAD DEL AGUA PARA TRATAMIENTO MEDIANTE FILTRACIÓN LENTA .....	32

## **INDICE DE PLANOS**

PLANO N° 01:	PLANO DE UBICACION Y LOCALIZACION DEL PROYECTO	(PUP)
PLANO N° 02:	PLANO TOPOGRAFICO .....	(PT)
PLANO N° 03:	PLANTA GENERAL DE LA PTAP.....	(PG-PTAP)
PLANO N° 04:	CAPTACION-PONTO METALICO DETALLE DE ANCLAJE.....	(CPM- DA)
PLANO N° 05:	CAPTACION-PONTO METALICO PLANTA , CORTES E INSTALACIONES HIDRAULICAS.....	(CPM- PCH)
PLANO N° 06:	CAPTACION-PONTO METALICO PLANTA , CORTES E INSTALACIONES HIDRAULICAS.....	(CPM- PCH)
PLANO N° 07:	SEDIMENTADOR DE FLUJO HORIZONTAL PLANTA NIVEL SUPERIOR –CORTES Y DETALLES .....	(SFH- PSCD)
PLANO N° 08:	SEDIMENTADOR DE FLUJO HORIZONTAL PLANTA NIVEL INFERIOR –CORTES Y DETALLES .....	(SFH- PICD)
PLANO N° 09:	FLOCULDOR, DECANTADOR Y FILTROS- PLANTA NIVEL SUPERIOR Y CORTES.....	(FDF- PNSC)
PLANO N° 10:	FLOCULDOR, DECANTADOR Y FILTROS- PLANTA NIVEL INFERIOR Y CORTES.....	(FDF- PNIC)
PLANO N° 11:	FLOCULDOR, DECANTADOR Y FILTROS CORTES Y DETALLES.....	(FDF- CD)
PLANO N° 12:	CISTERNA DE ALMACENAMIENTO –PLANTA ,CORTES Y DETALLES.....	(CA- PCD)
PLANO N° 13:	CASA QUIMICA- ARQUITECTURA –PLANTA,CORTE Y DETALLE.....	(CQ- A)

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis se ha desarrollado en la Escuela Profesional De Ingeniería Civil de la Facultad De Ingeniería Civil Y Arquitectura de la Universidad Nacional De San Martín – Tarapoto, con fines de titulación como ingeniero Civil, teniendo como punto de trabajo la localidad de San Cristóbal.

El trabajo consta de una propuesta para el tratamiento de agua del río Huallaga para la localidad de San Cristóbal de sisa, distrito de San Hilarión, provincia Picota, Región San Martín, con el fin de suministrarles de un servicio de calidad y eficiente de agua potable, debido a que en el año 2009 el gobierno regional ejecuto un proyecto de agua potable y desde la culminación hasta la fecha se encuentra inoperativo, por razones que la fuente proyectada es del tipo subterránea y el agua contiene concentraciones superiores a las indicadas en el reglamento nacional de calidad. Por tal motivo la fuente propuesta para captación y el tipo de planta de filtración rápida y tecnología CEPIS para el tratamiento que planteo reemplazará el abastecimiento de agua subterránea existente por agua superficial del río Huallaga tratada, utilizándose las estructuras existentes como el reservorio elevado, redes de distribución y conexiones domiciliarias.

Como logros se indica que es posible obtener agua tratada que cumpla con los requisitos establecidos en el reglamento nacional de calidad de agua, y así garantizar realmente que se entregue a la población agua potable y/o inocua, aprovechando el recurso hídrico de una fuente tan cerca de la localidad y grande (Caudal) como es el río Huallaga.

Palabras claves: **Sistema, Agua, Tratamiento, Filtración, Calidad, Potable.**

## **ABSTRACT**

This thesis has been developed in the Professional School of Civil Engineering of the Faculty of Civil Engineering and Architecture of the National University of San Martín - Tarapoto, for purposes of qualification as a Civil Engineer, having as working point the locality of San Cristóbal.

The work consists of a proposal for the treatment of water from the Huallaga River for the town of San Cristóbal de Sisa, San Hilarión district, Picota province, San Martín Region, in order to provide them with a quality and efficient service of drinking water. Due to the fact that in 2009 the regional government implemented a drinking water project and from the culmination to date is inoperative, for reasons that the projected source is of the underground type and the water contains concentrations higher than those indicated in the regulation National quality. For this reason, the proposed source for abstraction and the type of rapid filtration plant and CEPIS technology for the treatment proposed will replace the existing groundwater supply by surface water of the treated Huallaga River, using existing structures such as high reservoir, Distribution and home connections.

Achievements indicate that it is possible to obtain treated water that complies with the requirements established in the national water quality regulation and, in this way, ensure that drinking water and / or harmless water is actually delivered to the population, taking advantage of the water resource of A source as close to the town and large (Flow) as the Huallaga River.

## **I. INTRODUCCION**

### **1.1 GENERALIDADES**

Para algunos, la crisis del agua supone caminar a diario largas distancias para obtener agua potable suficiente, limpia o no, únicamente para salir adelante. Para otros, implica sufrir una desnutrición evitable o padecer enfermedades causadas por las sequías, las inundaciones o por un sistema de saneamiento inadecuado. También hay quienes la viven como una falta de fondos, instituciones o conocimientos para resolver los problemas locales del uso y distribución del agua.

En vista de que las poblaciones requieren que se les provea de agua potable, siendo este un derecho fundamental de todo ser humano y existiendo déficit en el abastecimiento y contando con un río como el Huallaga que transporta un gran volumen en relación al caudal de consumo de la localidad, el tratamiento de dichas aguas surge como una buena alternativa, para el abastecimiento de agua en cantidad suficiente y calidad adecuada para esta localidad de San Cristóbal de Sisa.

El problema de salud pública, la falta de servicio de agua potable en éste y otras localidades de nuestro país, me llevó a desarrollar el proyecto de investigación que se ha centrado en el diseño hidráulico que se ha realizado a uno de los componentes de un sistema de agua potable como es una planta de tratamiento.

### **1.2 EXPLORACION PRELIMINAR ORIENTADO A LA INVESTIGACION**

El agua que se capta en embalses, pozos, lagos, etc. para que sea adecuada para el consumo humano, es necesario tratarla convenientemente para hacerla potable. Este proceso se denomina potabilización y se realiza a través de las plantas de tratamiento. A estas aguas se debe realizar un análisis fisicoquímico y bacteriológico la cual nos indicara las características y/o concentración que el agua contiene (elementos químicos, Coliformes totales y termo tolerantes) y así tomar las medidas que correspondan.

En el tratamiento del agua para consumo humano se emplean diferentes procesos; la complejidad de estos dependerá de las características del agua cruda, el primero de los procesos es el Cribado en este se eliminan los sólidos de mayor tamaño que se encuentran en el agua (ramas, madera, piedras, plásticos, etcétera) por medio de rejas,

en las que estos materiales quedan retenidos, el siguiente es la coagulación – floculación consiste en la adición de coagulantes con el fin de desestabilizar las partículas coloidales para que sean removidas , este proceso ocurre en fracciones de segundo, depende de la concentración del coagulante y del pH final de la mezcla. Mientras que la floculación es el proceso por el cual las partículas desestabilizadas chocan entre sí y se aglomeran formando los floc.

En estos procesos, aparte de la remoción de turbiedad y color también se eliminan bacterias, virus, organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación, algas y sustancias que producen sabor y olor en algunos casos.

El proceso de coagulación-floculación requiere ser controlado con mucho cuidado por ser una de las fases más importantes del tratamiento, ya que de este dependerá la eficiencia de los sedimentadores y filtros.

La sedimentación es el proceso físico mediante el cual las partículas en suspensión (floc) presentes en el agua son removidas o separadas del fluido, debido al efecto de la gravedad. Dichas partículas deberán ser más densas que el agua, y el resultado que se obtenga será un fluido clarificado y una suspensión más concentrada. La filtración es el proceso que consiste en la separación de partículas y pequeñas cantidades de microorganismos (bacterias, virus) a través de un medio poroso. Es la fase responsable de que se cumplan los estándares de calidad para el agua potable. Desde el punto bacteriológico, los filtros tienen una eficiencia de remoción superior a 99%.

Por último la desinfección es el último proceso de tratamiento del agua, que consiste en la destrucción selectiva de los organismos potencialmente infecciosos. Lo que significa que no todos los organismos patógenos son eliminados en este proceso, por lo que requieren procesos previos como la coagulación, sedimentación y filtración para su eliminación.

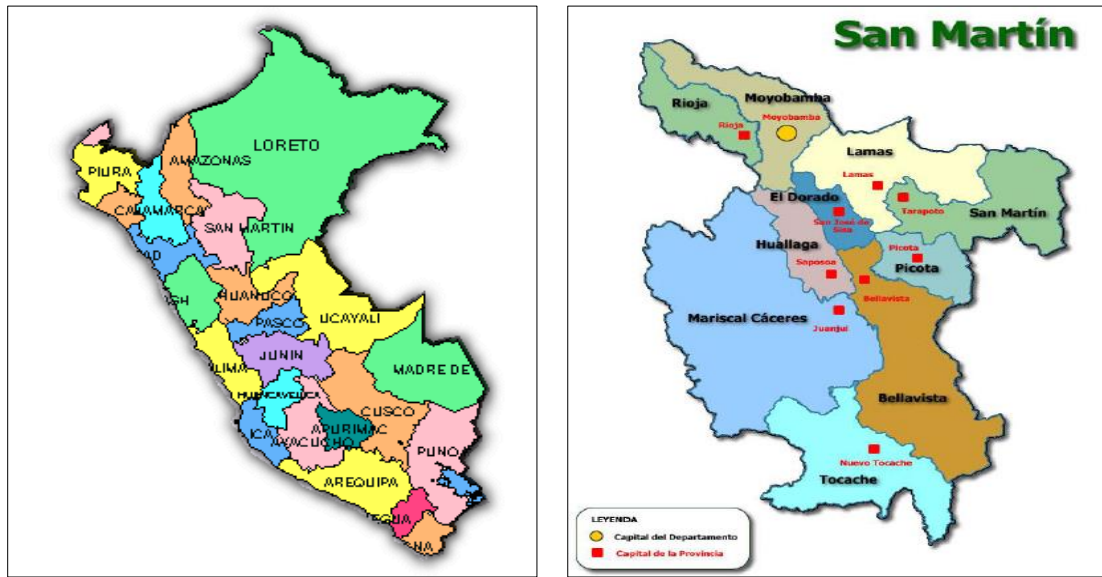
### **1.3 ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO**

#### **1.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DONDE SE DESARROLLARÁ EL PROYECTO.**

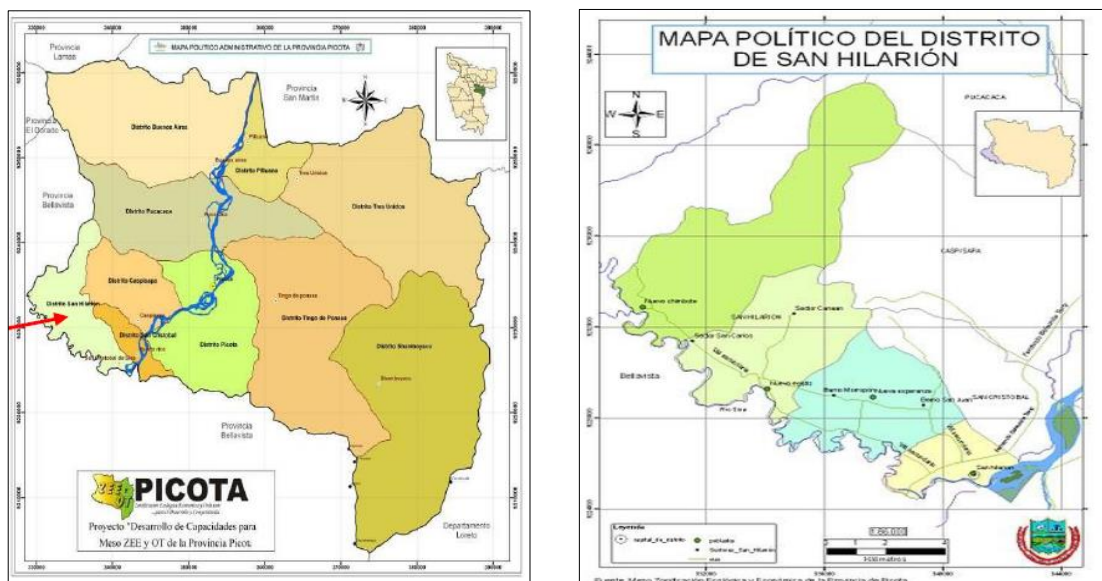
Departamento	: San Martín
Provincia	: Picota
Distrito	: San Hilarión
Localidad	: San Cristóbal de Sisa



### GRAFICO N° 0 1: UBICACIÓN DEL PROYECTO EN EL PERÚ



## GRAFICO N° 0 2: UBICACIÓN DEL PROYECTO EN LA REGIÓN



### 1.3.2 ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA DEL PROYECTO

### 1.3.2.1 ALTITUD

La localidad de San Cristóbal de Sisa pertenece al Distrito de San Hilarión, provincia de Picota, región de San Martín entre las coordenadas geográficas 7°00'15.39" latitud sur y 76°26'20.40" longitud oeste, a una altitud de 232 m.s.n.m.

### **1.3.2.2 HIDROLOGIA, CLIMA Y TOPOGRAFIA**

#### **A. Hidrología.**

La localidad de San Cristóbal forma parte de la red hidrográfica de la ciudad de San Hilarión está dominada por el Río Huallaga, que baña sus orillas. Está bordeada también por el río Sisa, que desemboca en el río Huallaga, a 800 m de la plaza principal.

En lo que al drenaje se refiere, San Hilarión cuenta con una pendiente relativamente baja, pero que permite el discurrir de las aguas pluviales, en época de lluvias, ayudando a esto la red parcial de drenaje urbano de la ciudad, constituido por cunetas, los que manifiestan, en muchos casos, el estancamiento y colmatación, por la poca pendiente. En consecuencia, esto representa un eminente peligro por la humedad que genera, la napa freática alta y la vulnerabilidad derivada de la precariedad de algunas viviendas.

En conclusión las fuentes de abastecimiento de agua de la localidad de San Cristóbal de Sisa constituyen los ríos Huallaga y Sisa, la fuente que abastecería la Planta de Tratamiento de agua para consumo humano en esta localidad será el agua del río Huallaga.

#### **B. Climatología**

El clima es seco y cálido, sin exceso de agua durante el año y con una concentración térmica de verano normal, con temperaturas absolutas que oscilan entre los 18° y 35°C. Por encontrarse en una zona de Selva Alta, presenta precipitaciones pluviales entre los meses de enero a abril, y seco entre los meses de mayo a agosto, estimándose una precipitación media anual que fluctúa entre 1800 a 3000 mm anuales, concentradas entre enero y mayo.

Los promedios mensuales máximos varían entre 34.9 °C (Enero) y 31.7° C (Junio) y los promedios mínimos entre 20.6 °C (Abril) y 18°C (Julio).

#### **C. Topografía**

El área en estudio presenta una topografía semiplano y altitudes que varían desde los 223.00 a 226.00 msnm.

### **1.3.2.3 ACCESO Y VIAS DE COMUNICACIÓN**

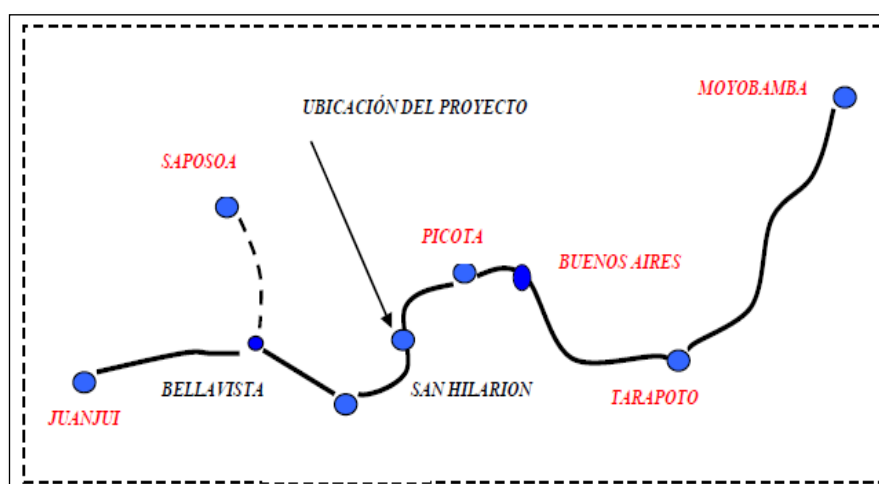
El acceso a la localidad de San Cristóbal de Sisa esta interconectada por la carretera Fernando Belaunde Terry, iniciando el recorrido en Moyobamba. De Moyobamba a

Tarapoto tramo de 113 Km. es asfaltado y se recorre en 2.00 horas en vehículo motorizado, de Tarapoto a San Hilarión tramo de 80 Km., este tramo es asfaltado y se recorre en 1.30 horas en vehículo motorizado.

Los medios de transporte a usar por vía terrestre son: autos, camionetas y buses urbanos departamentales, el costo de transporte en auto de Moyobamba a Tarapoto es de S/ 20.00, de Tarapoto a San Hilarión es de S/ 15.00 por pasajero en auto; de S/ 7.00 – S/ 10.00 por pasajero en camioneta o bus.

Se hace referencia al inicio de recorrido a la ciudad de Moyobamba, ya que es capital de la Región San Martín, y se describe en el siguiente croquis.

**GRAFICO N° 0 3: ACCESO Y VIAS DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO**



FUENTE: Elaboración propia

#### **1.3.2.4 DEMOGRAFIA Y AREA BENEFICIADA**

La localidad de San Cristóbal de Sisa cuenta con una población de 4191 habitantes y 841 familias actualmente contando con una densidad poblacional de 4.98 hab. /Viv.

El Índice Estadístico de la zona, con datos del INEI de 1993, se cuenta desde el año 1993 al 2007, cuenta con una tasa de crecimiento en promedio igual a 3.87%.

#### **1.3.2.5 NIVELES DE VIDA**

##### **A. Salud**

La localidad de San Cristóbal cuenta con un centro de salud, administrado por el Ministerio de Salud. De acuerdo a la información brindada en el Centro de Salud de San

Hilarión, las enfermedades más frecuentes son las enfermedades parasitarias, que ocupan el primer lugar, seguidas por las enfermedades diarreicas agudas (EDAs), y en tercer lugar se encuentran las infecciones respiratorias agudas IRAs y las de la piel. Excepto las IRAs, las demás enfermedades que afectan a la población, son atribuibles a la calidad del agua y el saneamiento de la localidad.

**CUADRO N° 0 1 : MORBILIDAD SAN CRISTÓBAL AÑO 2003-2007**

N° DE ORDEN	DIAGNOSTICOS	2003	2004	2005	2006	2007	TOTAL
1	Infecciones de vías respiratorias agudas	419	629	480	737	541	<b>2806</b>
2	Enfermedad de la piel y del tejido subcutáneo	205	187	121	122	100	<b>735</b>
3	Otras enfermedades infecciosas y parasitarias y secuelas de las enfermedades infecciosas y parasitarias	203	140	92	137	204	<b>776</b>
4	Enfermedades infecciosas intestinales	169	177	124	176	143	<b>789</b>
5	Enfermedades del aparato urinario	80	171	113	140	128	<b>632</b>
6	Enfermedades de la sangre de los órganos hematocíticos y de la inmunidad	54		40	23	171	<b>288</b>
7	DEMÁS DAÑOS	1099	834	230	219	274	<b>2656</b>

Fuente: I.N.E.I

## **B. Educación**

La localidad de San Cristóbal de Sisa cuenta con 01 institución educativa inicial, 02 instituciones educativas de primaria (estatal y privado), 01 institución educativa de secundaria.

En términos generales la problemática educativa del distrito reproduce las características de las prácticas educativas tradicionales del ámbito urbano, con un déficit no sólo en lo referente a la infraestructura sino fundamentalmente en la calidad de la educación hacia los alumnos.

## **C. Servicio de recolección y disposición final de residuos sólidos.**

La localidad de San Cristóbal, no cuenta con una infraestructura adecuada, para el depósito de los residuos sólidos provenientes de los hogares. La mayoría de la población arroja sus desperdicios en sus huertas, siendo posibles focos de contaminación a riesgo de poder contraer algún tipo de enfermedad.

### **1.3.2.6 ACTIVIDADES PRINCIPALES**

La población de la localidad de San Cristóbal de Sisa está conformada por personas nacidas en la región y el resto por una población inmigrante. A raíz del crecimiento poblacional se ha logrado que las actividades de sostenimiento económico se

diversifiquen, siendo la agricultura la actividad desarrollada en mayor escala teniendo como productos principales la producción y comercialización del arroz, maíz y el plátano. Además estas zonas se encuentran aptas para la ganadería y cultivos de pan llevar para el autoconsumo.

### **1.3.2.7 DESCRIPCION DEL PROYECTO**

El estudio considera la tecnología de tratamiento CEPIS (Filtración rápida) seleccionada debido a las características de la fuente (río Huallaga). El diseño de la planta de tratamiento contará con los procesos de pre sedimentación, mezcla rápida, floculación hidráulica, decantación acelerada con placas inclinadas, filtración rápida con tasa declinante y auto lavado y desinfección.

#### **A. Sedimentador.**

El agua se bombea desde el río hasta el Sedimentador con la finalidad de bajar la turbidez del agua, así no sobrecargar los decantadores y otros procesos.

#### **B. Unidad de mezcla rápida.**

La unidad de mezcla rápida es del tipo rampa, tendrá la función de agitación y tiempo de retención que debe reunir la masa de agua en el momento en que se dosifica el coagulante (sulfato aluminio en solución), con la finalidad de que las reacciones de coagulación se den en las condiciones óptimas correspondientes al mecanismo de coagulación predominante.

#### **C. Floculación.**

El agua proveniente del Sedimentador llegará a la rampa de mezcla rápida donde se le aplicará el coagulante (sulfato aluminio en solución) al agua para lograr que las diminutas partículas en suspensión que enturbian el agua se atraigan entre sí para formar “flóculos” posteriormente este ingresará al floculador que está diseñado con tres compartimientos para los gradientes de 74.60, 54.76 y 33.89  $\text{seg}^{-1}$ , y un tiempo de siete minutos en cada compartimiento, de acuerdo a los resultados de la caracterización de las aguas del río Huallaga, que cuenta con paneles de separación de madera de espesor 1” y de altura de 1.2 m.

#### **D. Decantadores.**

Contará con 02 unidades de sedimentación acelerada con placas inclinadas de vinilonas que aseguran un flujo laminar con  $N^{\circ}$  de Reynolds menor de 250, lográndose alcanzar

cargas superficiales en función del área efectivamente cubierta por placas que oscilan entre 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d.

#### **E. Filtración.**

Se contara con 05 unidades de filtración, tipo filtro rápido con lechos de arena de flujo descendente que puede trabajar con tasas de 150 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d de velocidad declinante y lavado con flujo proveniente de unidades en funcionamiento.

La pérdida de carga aumenta según el tiempo de uso, el lavado con flujo proveniente de otras unidades en funcionamiento se basa en el hecho de que si se deja la salida del efluente a un nivel mayor que la canaleta de lavado y se interconectan los filtros, al abrir la válvula de drenaje, el nivel de agua en la caja de la unidad que se quiere lavar consigue una carga hidráulica que invierte el sentido del flujo en el lecho filtrante y efectúa el lavado.

#### **F. Desinfección**

Después de los filtros se construirá una cisterna que a la vez servirá como cámara de contacto en donde se aplicará el cloro como desinfectante. La remoción de bacterias es directamente proporcional a la remoción de turbiedad.

## **II. MARCO TEORICO**

### **2.1 ANTECEDENTES, PLANTEAMIENTO, DELIMITACION Y FORMULACION DEL PROBLEMA.**

#### **2.1.1 ANTECEDENTES, PLANTEAMIENTO Y DELIMITACION**

El Sistema de Agua Potable en la localidad de San Cristóbal de Sisa, actualmente es administrada por la unidad de Gestión del servicio de saneamiento de la ciudad de Picota e igualmente es abastecida por bombeo desde dicha ciudad, este sistema presenta problemas en su funcionamiento en cuanto a cantidad y presión; es decir el sistema ha colapsado por el motivo que el periodo de vida útil de la infraestructura ha cumplido hace muchos años conllevando al déficit del sistema ; para dar solución a este problema el gobierno regional de San Martin ejecuto un proyecto de mejoramiento del sistema de agua potable hace aproximadamente 08 años en dicha localidad por administración directa mediante resolución gerencial N°098-2006- GRSM/PGR, con un presupuesto de S/.1,185,381.39 n/s, contemplando la construcción de una captación tipo caisson , es decir para captar agua subterránea , reservorio elevado , redes de distribución y conexiones domiciliarias todas estas estructuras fueron construidas en la misma localidad de San Cristóbal de Sisa, e igualmente la operación y mantenimiento del sistema iba a estar a cargo de la junta administradora de servicio de saneamiento ( JASS) de la misma localidad ; actualmente dicho proyecto no funciona porque el agua potable no cumple con los requisitos establecidos en el Reglamento de Calidad de Agua para el Consumo Humano. (Concentraciones o presencia en cuanto a los límites máximos permisibles de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos).

En la localidad de san Cristóbal de Sisa, según el Censo del 2007, del total de viviendas, el 30.20% cuentan con red pública dentro de la vivienda, el 42.06% con red pública fuera de la vivienda y el 27.74% obtiene su agua de los pozos y agua superficial del rio Huallaga (No apta para el consumo humano).

#### **2.1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA**

**¿De qué manera el diseño hidráulico de la planta de tratamiento de filtración rápida en la localidad de San Cristóbal de Sisa resolverá el problema de inoperatividad por la mala calidad de agua no apta para el consumo humano del sistema existente?**

## **2.2 OBJETIVOS: GENERALES Y ESPECIFICOS.**

### **2.2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Realizar el diseño hidráulico de la planta de tratamiento de filtración rápida del proyecto de agua potable en la localidad de San Cristóbal de Sisa.

### **2.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del agua cruda y tratada.
- Realizar el ensayo de prueba de jarras (agua cruda).
- Cálculo del caudal de diseño de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP).
- Diseño hidráulico de las unidades de tratamiento de la PTAP.
- Cálculo del costo de operación y mantenimiento.
- Elaboración de los planos de la PTAP.

## **2.3 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.**

El Sistema de agua potable en la localidad de San Cristóbal es administrado y abastecida por bombeo desde la ciudad de Picota, este no llega en cantidad y presión necesaria; para dar solución a este problema el gobierno regional de San Martín ejecutó un proyecto de mejoramiento del sistema de agua potable hace aproximadamente 09 años en dicha localidad por administración directa mediante resolución gerencial N°098-2006-GRSM/PGR, con un presupuesto de S/.1,185,381.39 n/s, contemplando la construcción de una captación tipo caisson, reservorio elevado, redes de distribución y conexiones domiciliarias. Todas estas estructuras fueron construidas en la misma localidad de San Cristóbal de Sisa, la operación y mantenimiento del sistema iba a estar a cargo de la junta administradora de servicio de saneamiento (JASS) de la misma localidad; actualmente dicho proyecto no funciona por las concentraciones o presencia de microorganismos y de sustancias químicas máximas permisibles en el agua, motivo por el cual la población se ve obligada a captar aguas superficiales del río Huallaga para sus necesidades diarias. Todo esto, está ocasionando graves problemas en la salud de la población, principalmente por el incremento de los casos de enfermedades gastrointestinales y diarreicas, cuyas consecuencias se vienen manifestando en mayor grado en el aumento de la morbilidad de los niños, la desnutrición infantil, el bajo rendimiento de los estudiantes, el bajo rendimiento de las actividades laborales de las personas mayores, el incremento de los gastos en salud de las familias, y en deterioro de la economía local. Por lo descrito anteriormente es de necesidad justificada el mejoramiento del sistema de agua potable (Diseño hidráulico de una Planta de



Tratamiento de Agua Potable), para dar operatividad al sistema de agua potable existente y así mejorar la salud y calidad de vida de la población de la localidad de San Cristóbal de Sisa.

## **2.4 DELIMITACION DE LA INVESTIGACION.**

El desarrollo del presente trabajo de investigación se limita al cálculo hidráulico de una planta tratamiento de filtración rápida, que permite el dimensionamiento o tamaño de todas las unidades necesarias de tratamiento, para obtener agua potable, es que cumpla con los requisitos establecidos en las Normas Nacionales de calidad vigentes en el país.

## **2.5 MARCO TEORICO.**

### **2.5.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.**

✓ **Javier Adolfo Destéfano Molero**<sup>1</sup>. Nos dice “El problema de salud pública y la falta de servicio de agua potable en ésta y otras provincias de nuestro país, me llevó a sugerir como medida de solución la construcción de una planta simplificada de tratamiento de agua, debido a que los costos de construcción, operación y mantenimiento son considerablemente económicos respecto a las plantas convencionales, hecho que permitiría estar de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Otra de las razones por la que sugiero la construcción de plantas simplificadas de tratamiento de agua, es la fácil operatividad en relación a las plantas convencionales, que debido al cúmulo de equipos requiere personal técnico en mayor cantidad.”

✓ **Alessandra María Caminati Briceño, Rocío Catherine Caqui Febre.**<sup>2</sup>

El principal motivo de realizar el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la Universidad de Piura fue, en un principio, proponer a ésta un sistema de tratamiento de agua que le genere grandes ahorros e independizarse del servicio actual de los proveedores.

A medida que se desarrollaba el proyecto se pudieron obtener una mayor cantidad de razones que justificaban nuestra idea de cambiar el servicio actual. Ya no solo consistía en un tema de encontrar una propuesta que permita un ahorro, sino también en un tema de mejorar el servicio actual, pues existía una gran molestia por parte de los usuarios

---

<sup>1</sup> DESTÉFANO MOLERO, Javier Adolfo. Diseño preliminar de una planta de tratamiento de agua para el consumo humano en los distritos de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera de la Reyna, provincia de Andahuaylas, Región Apurímac. Pág. 01

<sup>2</sup> CAMINATI BRICEÑO, Alessandra María; CAQUI FEBRE, Rocío Catherine. Análisis y Diseño de Sistemas de Tratamiento de Agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura. Pág. 05

debido al desabastecimiento de bidones de agua que existe actualmente. Esto último lo pudimos conocer gracias al estudio de mercado realizado durante el proyecto.

Por último, los resultados de los ensayos físico-químicos que se realizó al agua en bidón de los proveedores que actualmente abastecen a la universidad, nos permitieron comprobar nuevamente que no se está brindando un buen servicio de abastecimiento de agua de mesa en la universidad. Esto debido a que los resultados fueron alarmantes, pues los parámetros de calidad sobrepasan los límites permisibles establecidos por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) para agua de consumo humano, clasificándola así como no apta para ello. Por lo que esto podría traer graves consecuencias, pues no se está cuidando la salud del personal de la Universidad de Piura

## **2.5.2 MARCO TEORICO O FUNDAMENTACION TEORICA DE LA INVESTIGACION.**

### **2.5.2.1 El agua potable<sup>3</sup>.**

Se llama agua potable al agua dulce que tras ser sometida a un proceso de potabilización se convierte en agua potable, quedando así lista para el consumo humano como consecuencia del equilibrado valor que le imprimirán sus minerales; de esta manera, el agua de este tipo, podrá ser consumida sin ningún tipo de restricciones.

En tanto para que el agua pueda ser consumida sin ningún tipo de restricción será preciso someterla a un proceso denominado como potabilización, que justamente es el que se encargará de quitar, remover, cualquier tipo de presencia tóxica y la volverá una sustancia segura para consumir sin limitaciones.

### **2.5.2.2 Calidad del agua<sup>4</sup>**

El término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria. Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial.

---

<sup>3</sup> <http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/agua-potable.php>.

<sup>4</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I .Pág.04.

### **2.5.2.3 Características físicas del agua.<sup>5</sup>**

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua.

Se consideran importantes las siguientes:

- turbiedad;
- color;
- olor y sabor;
- temperatura, y
- pH.

#### **2.5.2.3.1 Turbiedad.**

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado.

#### **2.5.2.3.2 Sólidos y residuos.**

Se denomina así a los residuos que se obtienen como materia remanente luego de evaporar y secar una muestra de agua a una temperatura dada.

#### **2.5.2.3.3 Color.**

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella.

Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera.

#### **2.5.2.3.4 Olor y sabor.**

El sabor y el olor están estrechamente relacionados; por eso es común decir que “A lo que huele, sabe el agua”.

Estas características constituyen motivo principal de rechazo por parte de consumidor.

---

<sup>5</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo. Pág.03-13

En términos prácticos, la falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos. Por otra parte, la presencia de olor a sulfuro de hidrógeno puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua.

#### **2.5.2.3.5 Temperatura.**

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

#### **2.5.2.3.6 Características químicas del agua.<sup>6</sup>**

El agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor.

#### **2.5.2.3.7 Alcalinidad<sup>7</sup>**

Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación.

Además, este parámetro tiene incidencia sobre el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y, cuando alcanza niveles altos, puede tener efectos sobre el sabor.

#### **2.5.2.3.8 Hierro<sup>8</sup>**

El hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales.

La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebiles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca.

También puede formar depósito las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua.

---

<sup>6</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.13

<sup>7</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.17

<sup>8</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.33

#### **2.5.2.3.9 Manganese<sup>9</sup>**

El manganeso es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeso en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central. La presencia de manganeso en el agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que forman depósitos insolubles de estas sales, debido a que se convierte, por oxidación, de manganeso en solución al estado mangánico en el precipitado.

#### **2.5.2.3.10 pH<sup>10</sup>**

Es un parámetro básico que indica el grado de acidez o basicidad del agua.

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución.

Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección.

Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9.

Cuando se tratan aguas ácidas, es común la adición de un álcali (por lo general, cal) para optimizar los procesos de coagulación. En algunos casos, se requerirá volver a ajustar el pH del agua tratada hasta un valor que no le confiera efectos corrosivos ni incrustantes.

#### **2.5.2.3.11 Boro<sup>11</sup>**

El boro no se considera un elemento esencial para la nutrición humana.

Existen estudios que demuestran su influencia en el retardo del crecimiento de las plantas.

Estudios realizados en plantas piloto han demostrado gran eficiencia de remoción de boro en los procesos de ablandamiento cal-soda a pH 8,5–11,3 (98%) y, en menor grado, en la coagulación con sulfato férrico.

La OMS ha establecido como valor guía para aguas de consumo 0,3 mg/L, mientras que el Canadá considera 5 mg/L como concentración máxima aceptable.

---

<sup>9</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.34

<sup>10</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.13

<sup>11</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.22

Esta diferencia tan grande entre los valores guía se debe a la insuficiente información sobre los efectos de esta sustancia sobre el bienestar del consumidor.

#### **2.5.2.3.12 Cadmio<sup>12</sup>**

No es un elemento esencial para la vida del hombre.

La contaminación de las aguas superficiales con este metal pesado puede provenir de la corrosión de los tubos galvanizados, de la erosión de depósitos naturales, de los efluentes de refinerías de metales o de líquidos de escorrentía de baterías usadas o pinturas. Muchos pigmentos usados para la coloración de plásticos o la formulación de pinturas contienen concentraciones elevadas de cadmio.

### **2.5.2.4 Características microbiológicas del agua.**

#### **2.5.2.4.1 Coliformes totales<sup>13</sup>**

Los Coliformes totales se reproducen en el ambiente, proporcionan información sobre el proceso de tratamiento y acerca de la calidad sanitaria del agua que ingresa al sistema y de la que circula en el sistema de distribución. No constituyen un indicador de contaminación fecal.

Los Coliformes totales se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a 35-37 °C en 24-48 horas y producir ácido y gas. Tienen la enzima cromogénica B galactosidasa, que actúa sobre el nutriente indicador ONPG21 .

Este nutriente sirve como fuente de carbono y su efecto consiste en un cambio de color en el medio de cultivo.

#### **2.5.2.4.2 Coliformes fecales<sup>14</sup>**

A este grupo pertenecen los Coliformes que son de origen fecal, e incluyen a aquellos microorganismos que tienen la característica de fermentar la lactosa a la temperatura de 44.5°

Este grupo incluye a la *Escherichia coli* y la *Klebsiella pneumoniae*.

La supervivencia de los microorganismos pertenecientes a este grupo es similar a la de las bacterias patógenas: sin embargo, su utilidad como indicador de la contaminación

---

<sup>12</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.22

<sup>13</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.91

<sup>14</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.91

con virus o protozoos es limitada, pues ellos son menos resistentes a la desinfección que los virus o los quistes de protozoos. Ellos tienen como inconveniente que bajo condiciones adecuadas, pueden crecer en las aguas y las aguas residuales.

## 2.5.2.5 Población Futura ( $P_f$ ).<sup>15</sup>

### 2.5.2.5.1 Periodo de diseño

En la determinación del tiempo para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente viable. Por lo tanto el periodo de diseño puede definirse como el tiempo en el cual el sistema será 100% eficiente, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado o por la existencia física de las instalaciones.

Para determinar el periodo de diseño se consideran factores como: durabilidad o vida útil de las instalaciones, factibilidad de construcción y posibilidades de ampliación o sustitución, tendencias de crecimiento de la población y posibilidades de financiamiento.

Tomando en consideración los factores señalados se debe establecer para cada caso el periodo de diseño aconsejable. A continuación, se indican algunos rangos de valores asignados para los diversos componentes de los sistemas de abastecimientos de agua potable para poblaciones rurales:

- Obras de captación : 20 años
- Conducción : 10 a 20 años

### 2.5.2.5.2 Método de cálculo.

#### • Métodos analíticos.

Presuponen que el cálculo de la población para una región dada es ajustable a una curva matemática. Es evidente que este ajuste dependerá de las características de los valores de población censada, así como de los intervalos de tiempo en que estos se han medido.

Dentro de los métodos analíticos tenemos:

#### ✓ Método aritmético

$$P_f = P_a * \left( 1 + \frac{r * t}{100} \right) \dots \dots \dots (01)$$

Donde:

<sup>15</sup> AGÜERO PITTMAN, Roger .Agua Potable Para Poblaciones Rurales. Pág.19-20

Pf : Población futura  
Pa : Población actual  
r : Tasa de crecimiento poblacional porcentual anual  
t : Perido de diseño

✓ **Método geométrico**

$$P_f = P_a * (1 + r)^t \dots \dots \dots (02)$$

Donde:

Pf : Población futura  
Pa : Población actual  
r : Tasa de crecimiento poblacional porcentual anual  
t : Perido de diseño

- ✓ **Métodos Comparativos.** Son aquellos que mediante procedimientos gráficos estiman valores de población, y sea en función de datos censales anteriores de la región o considerando los datos de poblaciones de crecimientos similar a la que se está estudiando.
- ✓ **Método Racional.** En este caso para determinar la población, se realiza un estudio socioeconómico del lugar considerando vegetativo que es función de los nacimientos, defunciones, inmigraciones y poblaciones flotante.

## 2.5.2.6 Demanda De Agua<sup>16</sup>

### 2.5.2.6.1 Factores Que Afectan el Consumo.

Los principales factores que afectan el consumo de agua son: el tipo de comunidad, factores económicos y sociales, factores climáticos y tamaño de la comunidad.

Independientemente que la población sea rural o urbana, se debe considera el consumo doméstico, el industrial, el comercial, el público y el consumo por perdidas.

Las características económicas y sociales de una población pueden evidenciarse a través del tipo de vivienda, siendo importante la variación de consumo por el tipo y tamaño de la construcción.

El consumo de agua varía también función al clima, de acuerdo a la temperatura y a la distribución de las lluvias; mientras que el consumo per cápita, varía en relación directa al tamaño de la comunidad.

---

<sup>16</sup> AGÜERO PITTMAN, Roger .Agua Potable Para Poblaciones Rurales. Pág.25.



#### 2.5.2.6.2 Dotación (Dot.)<sup>17</sup>

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma OS.100) la dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadísticas comprobadas.

Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución se considerara, los valores (lts/hab/día) indicados en el siguiente cuadro.

**TABLA N° 0 1: DOTACION DE AGUA SEGÚN R.N.E**

Ítem	CRITERIO	CLIMA TEMPLADO	CLIMA FRIO	CLIMA CALIDO
01	Sistema con conexiones.	220	180	220
02	Lotes de área menor o igual a 90m <sup>2</sup>	150	120	150
03	Sistema de abastecimientos por surtidores , camión cisterna o piletas publicas	30 -50	30 -50	30 -50

Fuente: Reglamento Nacional de edificación

#### 2.5.2.7 Caudales de Diseño

##### 2.5.2.7.1 Consumo Promedio Diario Anual (Qp)<sup>18</sup>

El consumo promedio anual, se define como el resultado de una estimación del consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño, expresada en litros por segundo (l/s).

$$Q_P = \frac{P_f * Dot}{86400} \dots \dots \dots (03)$$

<sup>17</sup> PROGRAMA NACIONAL DE SANEAMIENTO URBANO , Guía de orientación para elaboración expediente técnico de proyectos de saneamiento .Pág. 22

<sup>18</sup> AGÜERO PITTMAN, Roger .Agua Potable Para Poblaciones Rurales. Pág.25.

#### 2.5.2.7.2 Consumo Máxima Diario (Qmd.)<sup>19</sup>

El consumo máxima diario se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año; mientras que el consumo máximo

horario, se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo.

Para encontrar el consumo máximo diario, multiplicamos el consumo promedio diario anual (Qp) por el coeficiente de variación de consumo K1 de acuerdo a la siguiente tabla.

**TABLA N° 0 2: COEFICIENTE DE VARIACION DE COMSUMO**

Ítem	Coeficiente	Valor
01	Coeficiente Máximo Anual De La Demanda Diaria ( K <sub>1</sub> )	1.30
02	Coeficiente Máximo Anual De La Demanda Horaria ( K <sub>2</sub> )	1.80 a 2.50

Fuente: Reglamento Nacional de edificación

$$Q_{md} = K1 * Q_p \dots\dots\dots (04)$$

#### 2.5.2.8 Disposiciones Generales.

##### 2.5.2.8.1 Generalidades.<sup>20</sup>

##### 2.5.2.8.1.1 Ubicación.

La planta debe estar localizada en un punto de fácil acceso en cualquier época del año. Para la ubicación de la planta, debe elegirse una zona de bajo riesgo sísmico, no inundable, por encima del nivel de máxima creciente del curso de agua. En la selección del lugar, se debe tener en cuenta la factibilidad de construcción o disponibilidad de vías de acceso, las facilidades de aprovisionamiento de energía eléctrica, las disposiciones relativas a la fuente y al centro de consumo, el cuerpo receptor de descargas de agua y la disposición de las descargas de lodos. Se debe dar particular atención a la naturaleza del suelo a fin de prevenir problemas de cimentación y construcción, y ofrecer la posibilidad de situar las unidades encima del nivel máximo de agua en el subsuelo.

<sup>19</sup> AGÜERO PITTMAN, Roger .Agua Potable Para Poblaciones Rurales. Pág.25.

<sup>20</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento. Pág. 07 - 08

#### **2.5.2.8.1.2 Capacidad**

La capacidad de la planta debe ser la suficiente para satisfacer el gasto del día de máximo consumo correspondiente al período de diseño adoptado.

Se aceptarán otros valores al considerar, en conjunto, el sistema planta de tratamiento tanques de regulación, siempre que un estudio económico para el periodo de diseño adoptado lo justifique.

En los proyectos deberá considerarse una capacidad adicional que no excederá el 5% para compensar gastos de agua de lavado de los filtros, pérdidas en la remoción de lodos, etc.

#### **2.5.2.8.1.3 Acceso**

El acceso a la planta debe garantizar el tránsito permanente de los vehículos que transporten los productos químicos necesarios para el tratamiento del agua.

En el caso de una planta en que el consumo diario global de productos químicos exceda de 500 Kg, la base de la superficie de rodadura del acceso debe admitir, por lo menos, una carga de 10 t por eje, es decir 5 t por rueda, y tener las siguientes características:

- Ancho mínimo : 6 m
- Pendiente máxima : 10%
- Radio mínimo de curvas : 30 m

En el caso de que la planta esté ubicada en zonas inundables, el acceso debe ser previsto en forma compatible con el lugar, de modo que permita en cualquier época del año, el transporte y el abastecimiento de productos químicos.

#### **2.5.2.8.1.4 Área**

a) El área mínima reservada para la planta de tratamiento de agua potable debe ser la necesaria para permitir su emplazamiento, ampliaciones futuras y la construcción de todas las obras indispensables para su funcionamiento, tales como portería, estaciones de bombeo, casa de fuerza, reservorios, conducciones, áreas y edificios para almacenamiento, talleres de mantenimiento, patios para estacionamiento, descarga y maniobra de vehículos y vías para el tránsito de vehículos y peatones

b) El área prevista para la disposición del lodo de la planta no forma parte del área a la que se refiere el párrafo anterior.

c) Cuando sean previstas residencias para el personal, éstas deben situarse fuera del área reservada exclusivamente para las instalaciones con acceso independiente.

d) Toda el área de la planta deberá estar cercada para impedir el acceso de personas extrañas. Las medidas de seguridad deberán ser previstas en relación al tamaño de la planta.

#### **2.5.2.8.1.5 Construcción por etapas**

Las etapas de ejecución de las obras de construcción en los proyectos que consideren fraccionamiento de ejecución, deberá ser, por lo menos, igual a la mitad de la capacidad nominal, y no mayores de 10 años.

#### **2.5.2.9 Plantas de tratamiento de agua o plantas potabilizadoras<sup>21</sup>**

Una planta de tratamiento es una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados con el fin de remover totalmente los contaminantes microbiológicos presentes en el agua cruda y parcialmente los físicos y químicos, hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados por las normas.

#### **2.5.2.10 Tipos de plantas de tratamiento de agua<sup>22</sup>**

Las plantas de tratamiento de agua se pueden clasificar, de acuerdo con el tipo de procesos que las conforman, en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta.

##### **2.5.2.10.1 Plantas de filtración rápida<sup>23</sup>**

Estas plantas se denominan así porque los filtros que las integran operan con velocidades altas, entre 80 y 300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d, de acuerdo con las características del agua, del medio filtrante y de los recursos disponibles para operar y mantener estas instalaciones.

Como consecuencia de las altas velocidades con las que operan estos filtros, se colmatan en un lapso de 40 a 50 horas en promedio. En esta situación, se aplica el retro lavado o lavado ascensional de la unidad durante un lapso de 5 a 15 minutos (dependiendo del tipo de sistema de lavado) para descolmatar el medio filtrante devolviéndole su porosidad inicial y reanudar la operación de la unidad.

---

<sup>21</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.110

<sup>22</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.110

<sup>23</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.110-114

De acuerdo con la calidad del agua por tratar, se presentan dos soluciones dentro de este tipo de plantas: plantas de filtración rápida completa y plantas de filtración directa.

#### **2.5.2.10.1 Planta De Filtración Rápida Completa**

Una planta de filtración rápida completa normalmente está integrada por los procesos de coagulación, decantación, filtración y desinfección. El proceso de coagulación se realiza en dos etapas: una fuerte agitación del agua para obtener una dispersión instantánea de la sustancia coagulante en toda la masa de agua (mezcla rápida) seguida de una agitación lenta para promover la rápida aglomeración y crecimiento del floculo (etapa de floculación).

La coagulación tiene la finalidad de mejorar la eficiencia de remoción de partículas coloidales en el proceso de decantación (sedimentación de partículas floculentas). El proceso final de filtración desempeña una labor de acabado, le da el pulimento final al agua.

La desinfección, en la forma en que normalmente se aplica (esto es, con residual libre de 1 mg/L a la salida de la planta y tiempo de contacto mínimo de 30 minutos), solo tiene la capacidad de remover bacterias. Como se verá detalladamente en el capítulo sobre desinfección, para remover huevos de parásitos se necesitarían aplicar dosis altísimas y disponer de tiempos de contacto muy largos, que hacen impracticable el proceso. Como los huevos de parásitos son grandes, un filtro que opere eficientemente y reciba agua con no más de 2 UNT puede producir un efluente exento de huevos de parásitos.

En el cuadro 02 se indican los rangos de calidad del agua en los que puede considerarse esta alternativa de tratamiento.

**CUADRO N° 0 2: LÍMITES DE CALIDAD DEL AGUA ACEPTABLES PARA EL TRATAMIENTO MEDIANTE FILTRACIÓN RÁPIDA COMPLETA**

<b>Parámetros</b>	<b>90% del tiempo</b>	<b>80% del tiempo</b>	<b>Esporádicamente</b>
Turbiedad (UNT)	< 1.000	< 800	< 1.500; si excede, considerar presedimentación
Color (UC)	< 150	< 70	
NMP de coliformes termotolerantes/100 mL	< 600		Si excede de 600, se debe considerar predesinfección

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano.

### 2.5.2.10.1.2 Filtración Directa

Es una alternativa a la filtración rápida, constituida por los procesos de mezcla rápida y filtración, apropiada solo para aguas claras.

Son ideales para este tipo de solución las aguas provenientes de embalses o represas, que operan como grandes presedimentadores y proporcionan aguas constantemente claras y poco contaminadas.

Cuando la fuente de abastecimiento es confiable —caso de una cuenca virgen o bien protegida—, en la que la turbiedad del agua no supera de 10 a 20 UNT el 80% del tiempo, y no supera 30 UNT ni 25 UC el 90% del tiempo, puede considerarse la alternativa de emplear filtración directa descendente.

Cuando el agua viene directamente del río y aunque clara la mayor parte del año, presenta frecuentes fluctuaciones de turbiedad, normalmente se considera una floculación corta, generalmente de no más de 6 a 8 minutos, para obtener un efluente de calidad constante, aunque con carreras de filtración más cortas.

En el caso de aguas que el 90% del tiempo no sobrepasan los 100 UNT y las 60 UC y alcanzan esporádicamente hasta 200 UNT y 100 UC.

El cuadro 03 sintetiza los rangos de calidad de agua óptimos para cada alternativa de tratamiento mencionada.

**CUADRO N° 0 3: LÍMITES DE CALIDAD DEL AGUA PARA PLANTAS DE FILTRACIÓN DIRECTA**

Alternativa	Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtración directa descendente	Turbiedad (UNT)	25 - 30	<20	< 50
	Color verdadero (UC)	< 25		
	NMP de coliformes totales/100 mL	< 2.500		
	Concentración de algas (unidades/mL)	< 200		
Filtración directa ascendente	Turbiedad (UNT)	< 100	< 50	< 200
	Color (UC)	< 60		< 100
Filtración directa ascendente–descendente	Turbiedad (UNT)	< 250	< 150	< 400
	Color (UC)	< 60		< 100

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano.

Además de las especificaciones de calidad de agua indicadas en el cuadro anterior, se deberán tener en cuenta otros parámetros de calidad de la fuente que se indican en el cuadro 04.

Tener en cuenta estas restricciones es más importante en el caso de la filtración dinámica descendente, en la que el agua tiene un tiempo de retención muy corto dentro de la planta, alrededor de 5 minutos mientras atraviesa el mezclador y el filtro, por lo que si se producen bruscos cambios en la calidad en la fuente, no hay tiempo suficiente para modificar la dosificación.

**CUADRO N° 0 4: OTROS PARÁMETROS DE CALIDAD  
IMPORTANTES PARA LA FILTRACIÓN DIRECTA**

Parámetros	Valores recomendables
Sólidos suspendidos (mg/L)	< 50
Carbono orgánico total (mg/L)	< 5
pH	5,5–6,5
Fósforo total (mg/L)	< 0,05
Nitrógeno total (mg/L)	< 5
Clorofila (µg /L)	< 10
Coliformes totales (colif./100)	< 2.500
Hierro (mg/L)	10
Manganeso (mg/L)	2

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano.

Sin embargo, la economía que se obtiene en estos casos en el costo inicial de las obras al considerar apenas dos procesos, así como en la operación y mantenimiento de la planta (ahorro de 40% a 50% de sustancias químicas) justifica ampliamente el mayor costo de los estudios

#### **2.5.2.10.1.3 Clasificación De Las Plantas De Filtración Rápida Por El Tipo De Tecnología Utilizada.<sup>24</sup>**

Las características tecnológicas del sistema deben de estar de acuerdo con los recursos económicos, humanos y materiales disponibles localmente para que se puedan cumplir los objetivos de tratamiento previstos.

Por el tipo de tecnología utilizada en la Región, las plantas de filtración rápida se pueden

<sup>24</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.116-123

clasificar de la siguiente forma:

- ✓ Sistemas de tecnología convencional clásica o antigua.
- ✓ Sistemas convencionales de alta tasa o de tecnología CEPIS/OPS.
- ✓ Sistemas de tecnología patentada, normalmente importada de los países desarrollados.

#### **2.5.2.10.1.3.1 Sistemas de tecnología convencional clásica o antigua.**

Este tipo de sistema es el más antiguo en nuestro medio. Se ha venido utilizando desde principios del siglo pasado (1910–1920).

Se caracteriza por la gran extensión que ocupan las unidades, principalmente el decantador rectangular de flujo horizontal, el cual normalmente se diseña con tasas comprendidas entre 10 y 60 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d. Véase la figura N° 01.

**FIGURA N° 0 1: DECANTADOR RECTANGULAR  
DE FLUJO HORIZONTAL**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano.

Para mejorar el funcionamiento de los sistemas convencionales, se fueron agregando equipos mecánicos y actualmente la mayor parte de estos sistemas son mixtos, están constituidos por unidades hidráulicas y mecánicas.

Inicialmente estas plantas carecían de mezcladores y se les agregó retromezcladores. Los floculadores pueden ser hidráulicos o mecánicos, los decantadores rectangulares de flujo horizontal y en algunos casos de vuelta en U, como el de la figura N° 02.



**FIGURA N° 0 2: DECANTADOR DE VUELTA EN U**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano.

Los filtros son de tasa constante de 120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d y de nivel variable. Generalmente, el lecho filtrante es simple, solo de arena. Estas instalaciones se caracterizan por una gran galería de tubos a través de los cuales pasa el agua filtrada, el agua para el lavado de los filtros y el desagüe del retrolavado (Grafico 06). El agua y la carga para el retrolavado del lecho filtrante normalmente son proporcionadas por un tanque elevado, el cual es alimentado mediante una estación de bombeo desde la cisterna de aguas claras.

**FIGURA N° 0 3: GALERÍA DE TUBOS  
CONVENCIONAL**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

En la época en que estos sistemas fueron proyectados, el tratamiento de agua era más un arte que una ciencia. Las investigaciones más importantes en el campo del tratamiento del agua se realizaron a partir de la década de 1960. Antes de ello, los proyectistas aplicaban criterios y parámetros por intuición, con muy poco fundamento técnico. A esto se debe que estos sistemas presenten muchas deficiencias; sin embargo, debido al gran tamaño de las unidades, presentan un potencial enorme para convertirlos en sistemas convencionales de alta tasa. Su capacidad se puede incrementar por lo menos en tres o cuatro veces con muy poca inversión.

#### **2.5.2.10.1.3.2 Sistemas Convencionales De Alta Tasa O De Tecnología CEPIS/OPS<sup>25</sup>**

Esta tecnología se empezó a desarrollar en la década de 1970 y se ha ido perfeccionando cada vez más a la luz de las últimas investigaciones realizadas en los países desarrollados.

Las unidades son de alta tasa, ocupan una extensión que constituye el 25% ó 30% del área que ocupa un sistema convencional de la misma capacidad. La reducción del área se debe al empleo de floculadores verticales que por su mayor profundidad ocupan menos área que los horizontales y permiten compactar mejor el sistema. Véase la figura N° 04.

Los decantadores son de placas inclinadas a 60 °C, de tal modo que el área de decantación real es la suma de las proyecciones horizontales de todas las placas, lo que equivale a la superficie del fondo del decantador convencional.

**FIGURA N° 0 4: FLOCULADORES HIDRÁULICOS  
DE FLUJO VERTICAL**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

Los filtros se proyectan en baterías para ser operados con altura variable y por el principio de tasa declinante, de acuerdo con el cual filtros operan con velocidades decrecientes, entre lavado y lavado, y se desfasan en la operación; de este modo, mientras unos están empezando las carreras los otros están a la mitad y el resto terminándola. Así, entre todos llegan a asumir la capacidad completa del sistema y el caudal permanece constante.

El lavado de una unidad se efectúa mediante el caudal que producen los otros filtros en operación, por lo que no se precisa de sistema de bombeo ni de tanque elevado. En estos sistemas el agua decantada, filtrada, para el retrolavado y el desagüe del retrolavado se conducen mediante canales, no tienen galerías de tubos. Estas

<sup>25</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.119

características hacen que este tipo de sistemas tengan un costo inicial muy bajo. El costo de operación también es mucho más bajo que el de otros sistemas, debido a que no requieren energía eléctrica para su funcionamiento, son muy compactos y se reduce también la cantidad de personal necesario para la operación.

**Las principales ventajas de esta tecnología son las siguientes:**

- **Es sumamente eficiente:** En su concepción se han empleado los resultados de las recientes investigaciones. Tiene el mérito de encerrar bajo su aspecto sencillo procesos complejos y sumamente eficientes, por lo que realmente es una tecnología de avanzada.

**FIGURA N° 0 5: FLUCOLADORES DE  
FLUJO HORIZONTAL**



Fuente: Elaboración propia

**Las principales ventajas de esta tecnología son las siguientes:**

- **Es sumamente eficiente:** En su concepción se han empleado los resultados de las recientes investigaciones. Tiene el mérito de encerrar bajo su aspecto sencillo procesos complejos y sumamente eficientes, por lo que realmente es una tecnología de avanzada.
- **Es fácil de construir, operar y mantener:** El equipamiento ha sido reducido al mínimo imprescindible. Los procesos se generan mediante energía hidráulica; el 100% de las obras son civiles. Por lo tanto, son fáciles de construir con los recursos normalmente disponibles en los países en desarrollo. La operación es sencilla porque carecen de mecanismos complicados y, por consiguiente, el mantenimiento es económico, fácil y rápido de realizar. Por estas razones, se la denomina tecnología apropiada para países en desarrollo.

- **Es muy económica:** La sencillez y el alto grado de compactación logrado en las estructuras hace que normalmente se utilice alrededor de 1/3 del área que requiere una planta convencional; el costo inicial es 1/3 ó la mitad del costo de los otros tipos de tecnologías disponibles.
- **Es muy confiable:** No requiere energía eléctrica para su funcionamiento; por lo tanto, puede trabajar en forma continua a pesar de la escasez del recurso. De este modo, se pueden garantizar las metas de calidad y cantidad. De cualquier forma, hay que tomar en cuenta que este tipo de planta no es fácil de diseñar. Demanda un gran esfuerzo del proyectista.

#### 2.5.2.10.1.3.3 Tecnología Importada, De Patente O Plantas Paquete.<sup>26</sup>

Estas tecnologías están normalmente integradas por decantadores de manto de lodos de suspensión dinámica, unidades que integran la mezcla rápida, la floculación y la decantación en un solo equipo, o cuando menos la floculación y decantación. Véase la figura N° 06.

**FIGURA N° 06: DECANTADOR DE MANTO DE LODOS**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

Los filtros son de tasa constante y altura constante, para lo cual se requiere gran cantidad de equipos e instrumentación ubicados en las galerías de tubos.

Las válvulas de accionamiento neumático o eléctrico y la instrumentación para determinar la pérdida de carga, el caudal de lavado, etcétera, son accionados desde las consolas o mesas de operación.

<sup>26</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.121

Esta tecnología es importada de los países desarrollados y se caracteriza por considerar gran cantidad de equipos y alto grado de complejidad en las soluciones.

Son sistemas totalmente mecanizados, por lo que para cumplir con sus objetivos de calidad y cantidad, requieren por lo menos lo siguiente:

- Personal calificado para operación y mantenimiento.
- Programa de mantenimiento preventivo para los equipos y una existencia permanente de repuestos.
- Suministro confiable de energía eléctrica.

La complejidad de estos sistemas va en aumento con el tiempo. Ahora los sistemas son más compactos porque el accionamiento es electrónico, lo cual dificulta aún más el mantenimiento y la calibración. A pesar de ello, estos sistemas son colocados de manera indiscriminada en localidades de escasos recursos.

En nuestro medio es usual encontrar plantas de este tipo, con todos los equipos averiados debido a la mala operación y a la falta de recursos para darles mantenimiento.

#### **2.5.2.10.2 Plantas de filtración lenta<sup>27</sup>**

Los filtros lentos operan con tasas que normalmente varían entre 0,10 y 0,30 m/h; esto es, con tasas como 100 veces menores que las tasas promedio empleadas en los filtros rápidos; de allí el nombre que tienen.

También se les conoce como filtros ingleses, por su lugar de origen.

Los filtros lentos simulan los procesos de tratamiento que se efectúan en la naturaleza en forma espontánea, al percollar el agua proveniente de las lluvias ríos, lagunas, etcétera, a través de los estratos de la corteza terrestre, atravesando capas de grava, arena y arcilla hasta alcanzar los acuíferos o ríos subterráneos.

Al igual que en la naturaleza, los procesos que emplean estos filtros son físicos y biológicos.

Una planta de filtración lenta puede estar constituida solo por filtros lentos, pero dependiendo de la calidad del agua, puede comprender los procesos de desarenado, pre sedimentación, sedimentación, filtración gruesa o filtración en grava y filtración lenta.

---

<sup>27</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.114-116

Los procesos previos al filtro lento tienen la función de acondicionar la Calidad del agua cruda a los límites aceptables por el filtro lento. Con el tren de procesos indicados se puede remover hasta 500 UNT, teniendo en cuenta que el contenido de material coloidal no debe ser mayor de 50 UNT; es decir, que la mayor parte de las partículas deben estar en suspensión para que sean removidas mediante métodos físicos. El cuadro N° 05 indica el número de procesos que debe tener la planta para diferentes rangos de turbiedad, color y contaminación microbiológica del agua cruda.

**CUADRO N° 0 5: LÍMITES DE CALIDAD DEL AGUA PARA  
TRATAMIENTO MEDIANTE FILTRACIÓN LENTA**

Procesos	Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtro lento	Turbiedad (UNT)	< 20	< 10	< 50
	Color verdadero (UC)	< 15	< 5	
	Concentración de algas (UPA/mL)	250		
	DBO5 (mg/L)	5		
	NMP de coliformes totales/100 mL	1.000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	500		
Filtro lento + prefiltro de grava	Turbiedad (UNT)	25		
	Color (UC)	15	< 5	< 25
	NMP de coliformes totales/100 mL	5.000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	1.000		
	Concentración de algas (UPA/mL)	1.000		
Filtro lento + Prefiltro de grava + sedimentador	Turbiedad (UNT)	100	< 50	< 500
	Color (UC)	< 15	< 5	< 25
	NMP de coliformes totales/100 mL	10.000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	3.000		
	Concentración de algas (UPA/mL)	1.000		
Filtro lento + Prefiltro de grava + sedimentador + presedimentador	Turbiedad (UNT)	100	< 50	< 1.000
	Color (UC)	< 15	< 5	< 25
	NMP de coliformes totales/100 mL	10.000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	3.000		
	Concentración de algas (UPA/mL)	1.000		

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua

Para Consumo Humano

## **2.5.2.11 Procesos unitarios de tratamiento de agua potable coagulación**

### **2.5.2.11.1 Coagulación<sup>28</sup>**

El objetivo principal de la coagulación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para favorecer su aglomeración; en consecuencia se eliminan las materias en suspensión estables; la coagulación no solo elimina la turbiedad sino también la concentración de las materias orgánicas y los microorganismos.

Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado.

La coagulación es el tratamiento más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado.

Es igualmente el método universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos.

El proceso de coagulación mal realizado también puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificadas.

Por lo tanto que se considera que la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de decantación y que es imposible de realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante está mal ajustada.

### **2.5.2.11.2 Mezcla rápida<sup>29</sup>**

Se denomina mezcla rápida a las condiciones de intensidad de agitación y tiempo de retención que debe reunir la masa de agua en el momento en que se dosifica el coagulante, con la finalidad de que las reacciones de coagulación se den en las condiciones óptimas correspondientes al mecanismo de coagulación predominante. La dosificación se realiza en la unidad de mezcla rápida; por lo tanto, estas condiciones son las que idealmente debe reunir esta unidad para optimizar el proceso.

En la coagulación por adsorción, las reacciones con aluminio que preceden a la neutralización de la carga son extremadamente rápidas y ocurren en milésimas de

---

<sup>28</sup> ANDÍA CÁRDENAS, Yolanda. Tratamiento de Agua Coagulación y Floculación. pág. 09

<sup>29</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I. Pág.225



segundos cuando no hay formación de polímeros hidrolíticos de Al (III), y en un segundo cuando estos se forman.

En cambio, la formación del precipitado de hidróxido de aluminio antes de la coagulación de barrido es lenta y se produce en un rango de 1 a 7 segundos.

Debido a la naturaleza de las reacciones involucradas en cada uno de estos modelos de coagulación, se deduce que para que ocurra la neutralización de la carga, es imperativo que los coagulantes sean difundidos en la masa de agua tan rápido como sea posible (menos de 0,1 seg), para que los productos que se desarrollan entre 0,01 y 1 segundo produzcan la desestabilización del coloide. Por el contrario, para la coagulación de barrido, la formación del hidróxido se produce en un rango de 1 a 7 segundos, por lo que es evidente que no es de crucial importancia disponer de tiempos de dispersión muy cortos o de altas intensidades de mezcla.

#### **2.5.2.11.3 Floculación<sup>30</sup>**

En la segunda etapa de la mezcla que corresponde a una mezcla lenta tiene por objeto permitir los contactos entre los flóculos, la turbiedad y el color, la mezcla debe ser lo suficiente para crear diferencias de velocidad del agua dentro de la unidad pero no muy grande, ya que los flóculos corren el riesgo de romperse; aún si el tiempo es no más del tiempo óptimo de floculación.

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad.

#### **2.5.2.11.4 Sedimentación<sup>31</sup>**

Se entiende por sedimentación la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua. Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido.

La remoción de partículas en suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración. De allí que ambos procesos se consideren como complementarios.

---

<sup>30</sup> ANDÍA CÁRDENAS, Yolanda. Tratamiento de Agua Coagulación y Floculación. Pág. Tomo I. 30

<sup>31</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo II. Pág.03



La sedimentación remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tienen una densidad muy cercana a la del agua o que han sido re suspendidas y, por lo tanto, no pudieron ser removidas en el proceso anterior.

#### **2.5.2.11.5 Filtración<sup>32</sup>**

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso. En general, la filtración es la operación final de clarificación que se realiza en una planta de tratamiento de agua y, por consiguiente, es la responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los estándares de potabilidad.

El avance logrado por la técnica de filtración es el resultado de un esfuerzo conjunto dirigido a lograr que la teoría exprese los resultados de las investigaciones experimentales, de tal modo que sea posible prever, en el diseño, cómo va a operar la unidad de filtración en la práctica.

#### **2.5.2.11.6 Desinfección<sup>33</sup>**

La desinfección es el último proceso unitario de tratamiento del agua y tiene como objetivo garantizar la calidad de la misma desde el punto de vista microbiológico y asegurar que sea inocua para la salud del consumidor.

En términos prácticos, desinfectar el agua significa eliminar de ella los microorganismos existentes, capaces de producir enfermedades.

En la desinfección se usa un agente físico o químico para destruir los microorganismos patógenos, que pueden transmitir enfermedades utilizando el agua como vehículo pasivo.

### **2.5.2.12 Unidades de tratamiento de agua potable**

#### **2.5.2.12.1 Casa de química<sup>34</sup>**

La casa de química o edificio de operaciones es el ambiente de la planta en el cual se concentran todas las instalaciones para el manejo de las sustancias químicas.

---

<sup>32</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo II . Pág.83

<sup>33</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo II Pág.155

<sup>34</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual II. Diseño de plantas de tecnología apropiada. Pág.03

Comprende básicamente las instalaciones de almacenamiento, dosificación y laboratorios de control de los procesos de la planta,

#### **2.5.2.12.1 Almacenamiento de las sustancias químicas<sup>35</sup>**

Las sustancias que se emplean en el tratamiento del agua pueden estar en polvo, trituradas o en solución. Al proyectar los almacenes, se debe tener en cuenta la forma en que se van a utilizar estas sustancias, de modo que las instalaciones ofrezcan todas las facilidades para la conservación y manejo del producto.

- **Productos secos**

- **Criterios de diseño.** Para determinar las dimensiones de estas instalaciones, será necesario tener en cuenta los siguientes criterios, relacionados con la capacidad, la ubicación y las características del almacén, que varían de acuerdo con las dimensiones de la planta de tratamiento.

##### Ubicación

- Ubicar el almacén lo más cerca posible de la sala de dosificación, para ahorrar tiempo y esfuerzo en el traslado de las sustancias químicas. Idealmente, los almacenes y la sala de dosificación deben ocupar un mismo ambiente, sobre todo en sistemas pequeños y medianos.
- En sistemas grandes, los almacenes siempre deberán ubicarse en el primer piso de la casa de química para no encarecer la estructura del edificio.
- La capacidad del almacén debe ser suficiente para abastecer la planta por lo menos durante un mes. En el caso de que los productos se expendan en la misma ciudad en la que se encuentra la planta, podrá considerarse una capacidad mínima para 15 días.

##### Consideraciones para el dimensionamiento

- Cuando el producto es importado, al determinar el tiempo de almacenamiento, deberá tenerse en cuenta el tiempo total que toma el trámite de compra. En la mayoría de los casos, esto puede demandar varios meses.
- Cuando la empresa tiene un almacén central del cual se aprovisionará a la planta, el almacenamiento en planta podrá calcularse para 15 días.
- Cuando se almacenan sustancias secas embolsadas como es el caso del sulfato de aluminio y la cal, deberá disponérselas apiladas en rumas y sobre tarimas de madera para aislarlas de la humedad del piso y de las paredes.

---

<sup>35</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual II. Diseño de plantas de tecnología apropiada. Pág.03-05

- Esta medida es especialmente importante para el sulfato de aluminio, que es higroscópico (es decir, que absorbe la humedad del aire).

$$V(m^3) = \frac{D \cdot Q \cdot T}{\gamma} \dots \dots \dots (05)$$

- Cuando la transferencia del almacén a la sala de dosificación se realiza manualmente, la altura total de las rumas no deberá ser mayor de 2 metros, para que el operador pueda tener acceso a las bolsas del extremo superior. Cuando la transferencia se va a realizar en forma mecánica, el material podrá aplicarse con una altura de tres metros.
- Adicionalmente al área necesaria para apilar el material, deberá tenerse en cuenta el espacio para los pasillos o corredores que hay que dejar entre rumas. Si el material se dispone de esta manera, se podrá utilizar cronológicamente, esto es, por orden de llegada

El ancho de los corredores dependerá de la forma de transferencia del material a la sala de dosificación. Si el sistema es manual, se debe considerar un ancho suficiente como para que pueda pasar una carretilla o un equipo mecánico.

- En plantas de medianas a grandes sería recomendable que cada sustancia química tenga un almacén especial, sobre todo cuando se trata de sustancias que pueden reaccionar entre sí, como la cal viva y el sulfato de aluminio.
- El volumen de material por almacenar se calcula en función de la dosis óptima promedio (D, g/m<sup>3</sup>), del caudal de la planta al final de periodo de diseño (Q, m<sup>3</sup>/d), del tiempo de almacenamiento (T, días) y del peso específico de la sustancia respectiva (δ, g/m<sup>3</sup>).
- Para determinar la dosis promedio (D), es necesario disponer de una curva de dosificación (dosis óptima de coagulante versus turbiedad de agua cruda). Esta curva se obtiene de un estudio de laboratorio que abarque por lo menos un ciclo de seca y uno de creciente para determinar las dosis máximas y mínimas que se requerirán en el tratamiento del agua. La dosis promedio se calculará a partir de la dosis requerida cuando se produce la turbiedad máxima y la dosis necesaria en época de aguas claras.

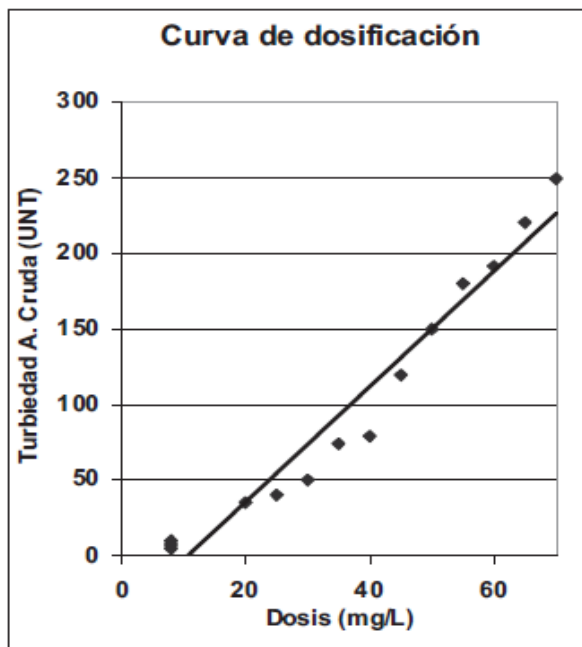
- El área neta que ocupará el material se obtiene de la siguiente expresión:

$$A (m^2) = \frac{V(m^3)}{H(m)} \dots \dots \dots (06)$$

Donde la altura de almacenamiento (H) depende del sistema de transferencia seleccionado. El área de cada ruma se decidirá en función de las dimensiones de las bolsas del producto por almacenar y del número de bolsas por considerar a lo largo y a

lo ancho. Dividiendo el área neta calculada en la ecuación (2) entre el área de una ruma, se definirá el número de rumas que se deberán considerar en el almacén.

**GRAFICO N° 0 4: CURVA DE DOSIFICACION**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

#### • **Productos en solución**

##### Proceso de cálculo

- Caudal de diseño de la planta: Q en L/s o m<sup>3</sup>/d.
- Rango de dosificación (Dm – DM, mg/L). En los histogramas de turbiedad elaborados durante el estudio de variaciones de la fuente, se obtiene la turbiedad máxima y mínima que se presenta durante el año. Con estos datos se obtienen, en la curva de dosificación, las dosis máxima y mínima.
- Periodo de almacenamiento: T (días o meses).
- Peso específico del material por dosificar ( $\delta$ , kg/m<sup>3</sup>).
- Si el sulfato de aluminio empleado para las pruebas de laboratorio es de alta pureza, deberá introducirse en los cálculos un factor de corrección, pero si las pruebas se realizan con el mismo sulfato que se emplea en la planta, este factor no será necesario.

#### **2.5.2.12.1.2 Dosificación<sup>36</sup>**

La dosificación de las sustancias químicas debe efectuarse mediante equipos que

<sup>36</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual II. Diseño de plantas de tecnología apropiada. Pág.11-23

aseguren la aplicación de una dosis exacta por unidad de tiempo. Estos equipos disponen de controles que permiten fijar la cantidad de producto por unidad de tiempo que debe liberarse, dentro de límites establecidos por su capacidad.

**A. Equipos de dosificación en solución.** En este tipo de equipos la graduación de la cantidad por aplicar se efectúa con el coagulante en solución. Estos equipos pueden ser de dos tipos: por bombeo y por gravedad.

- **Sistemas de dosificación por bombeo.** Los más usuales son las bombas de doble pistón y de diafragma.

- **Sistemas de dosificación por gravedad.** Los sistemas de dosificación por gravedad se emplean especialmente en plantas medianas y pequeñas, en especial cuando el abastecimiento de energía eléctrica no es confiable.

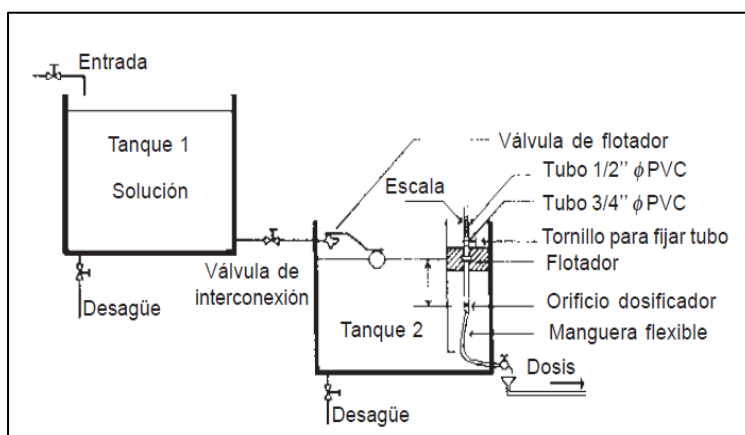
También se usan en plantas grandes cuando la calidad del agua es constante. Los más comunes son los de carga constante y carga regulable

El principio en el que se fundamenta es una carga de agua constante (h) sobre un orificio para asegurar un caudal constante.

Tanto los sistemas de dosificación por bombeo como los sistemas por gravedad incluyen un tanque de preparación de la solución similar al que se muestra en la figura. Estos tanques deben tener capacidad para un volumen de solución aplicable en 8 horas, de tal modo que en cada turno de operación se prepare un tanque.

Siempre deben considerarse dos tanques para cada sustancia química que se va a aplicar. Si en la planta se van a aplicar sulfato de aluminio, cal, polímero y HTH, se deben considerar ocho tanques para preparar las sustancias respectivas. La concentración a la que se debe aplicar el sulfato de aluminio debe variar entre 1% y 2%.

**GRAFICO N° 0 5: SISTEMA DE DOSIFICACION POR GRAVEDAD**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

## **B. Dimensionamiento de los sistemas de dosificación.**

### **▪ Sistemas de dosificación en seco.**

La selección de los equipos de dosificación en seco se efectúa determinando el rango de trabajo que deberá tener el equipo.

Este rango está constituido por los límites máximo y mínimo de dosificación que se deberán atender, los cuales se determinan a partir de la información obtenida en el estudio de laboratorio (curva de dosis óptima versus turbiedad de agua cruda).

Conociendo la turbiedad máxima y mínima que deberá tratar el sistema, se obtendrán de la curva de dosificación las dosis máximas (DM) y mínimas (Dm) y se calcularán los pesos máximos y mínimos que debe aplicar el equipo.

El cálculo se facilita utilizando la ecuación de balance de masas:

$$Q \times D = q \times C = P \dots \dots \dots (07)$$

Donde:

Q = caudal de diseño de la planta en L/s

D = dosis promedio de coagulante en mg/L

q = caudal promedio de solución por aplicar en L/s

C = concentración de la solución en mg/L

P = peso del reactivo por dosificar en m<sup>3</sup>/s o kg/d

### **▪ Dosificación en solución**

Esta instalación se compone de un tanque de preparación de la solución y del sistema de dosificación, que puede ser por bombeo o por gravedad.

El tanque de solución se diseña con el volumen necesario para que brinde servicio durante un turno de operación (T). La duración de cada turno es normalmente de 8 horas. Deben considerarse siempre dos unidades, una en operación y la otra en preparación, de manera que el cambio pueda ser rápido y la dosificación continúa.

En instalaciones grandes, para que los tanques no resulten demasiado voluminosos, se diseñan para concentraciones altas (10 ó 20%) y la concentración óptima se regula con una aplicación de agua adicional a la salida del dosificador.

El caudal de agua adicional debe calibrarse con un rotámetro, para que la concentración de la solución sea exacta y corresponda a la óptima. Las tuberías de solución se diseñan para un caudal máximo, considerando la dosis máxima (DM). El material de estas

tuberías debe ser resistente a las sustancias químicas que van a transportar. Normalmente se utilizan tuberías de plástico o de acero inoxidable.

#### **2.5.2.12.2 Mescladores<sup>37</sup>**

Los mezcladores tienen como objetivo la dispersión instantánea del coagulante en toda la masa de agua que se va a tratar. Esta dispersión debe ser lo más homogénea posible, con el objeto de desestabilizar todas las partículas presentes en el agua y optimizar el proceso de coagulación.

La coagulación es el proceso más importante en una planta de filtración rápida; de ella depende la eficiencia de todo el sistema. No importa que los demás procesos siguientes sean muy eficientes; si la coagulación es defectuosa, la eficiencia final del sistema es baja.

La eficiencia de la coagulación depende de la dosificación y de la mezcla rápida. En la unidad de mezcla la aplicación del coagulante debe ser constante y distribuirse de manera uniforme en toda la sección. Debe existir una fuerte turbulencia para que la mezcla del coagulante y la masa de agua se dé en forma instantánea.

##### **2.5.2.12.2.1 Parámetros generales de diseño<sup>38</sup>**

- La intensidad de agitación, medida a través del gradiente de velocidad, puede variar de 700 a 1.300 s<sup>-1</sup> o de 3.000 a 5.000 según el tipo de unidad seleccionada.
- El tiempo de retención puede variar de décimas de segundos a siete segundos, dependiendo de la concentración de coloides en el agua por tratar y del tipo de unidad seleccionada.

##### **2.5.2.12.2.2 Unidades hidráulicas<sup>39</sup>**

Entre los mezcladores de este tipo se pueden citar, entre los más utilizados por su simplicidad y eficiencia, los siguientes:

- Canales con cambio de pendiente o rampas ( Resalto hidráulico);
- Canaletas Parshall;
- Vertederos rectangulares y triangulares;

---

<sup>37</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual II. Diseño de plantas de tecnología apropiada. Pág.47

<sup>38</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual II. Diseño de plantas de tecnología apropiada. Pág.47

<sup>39</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual II. Diseño de plantas de tecnología apropiada. Pág.48-51

- Difusores;

En los tres primeros mezcladores la turbulencia que ocasiona la mezcla es producida por la generación de un resalto hidráulico que causa un gradiente de velocidad de alrededor de  $1.000 \text{ s}^{-1}$ . Estas unidades tienen la ventaja de que, además, involucran la medición del caudal de ingreso a la planta.

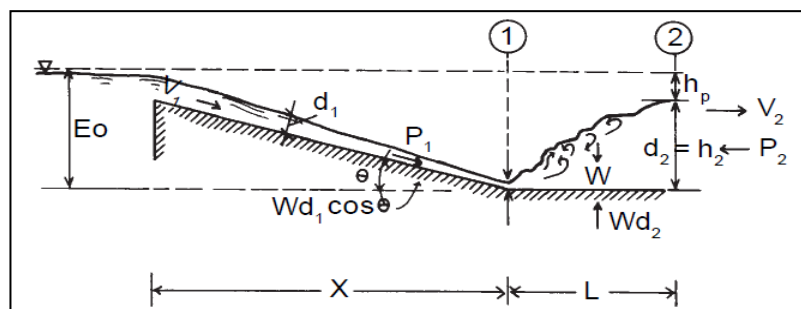
#### ✓ **Mezcladores de resalto hidráulico.**

Estas unidades son especialmente adecuadas para aguas que la mayor parte del tiempo están coagulando mediante el mecanismo de adsorción; es decir, aguas que presentan alta concentración de coloides. Los tipos más frecuentes tienen la ventaja de servir de unidades de medición de caudal y de unidades de mezcla rápida, por lo cual son muy populares.

#### **Parámetros de diseño**

- Gradientes de velocidad entre  $700$  y  $1.300 \text{ s}^{-1}$  y tiempos de retención menores de un segundo.
- Números de Froude ( $F$ ) variables entre  $4,5$  y  $9,0$  para conseguir un salto estable, con excepción de la canaleta Parshall, que funciona mejor con números de Froude entre  $2$  y  $3$ .
- El coagulante debe aplicarse en el punto de mayor turbulencia (inicio del resalto), en forma constante y distribuida de manera uniforme en toda la masa de agua.

**GRAFICO N° 0 6: MEZCLADORES DE RESALTO HIDRAULICO**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

#### **Criterios para el dimensionamiento**

- Se supone que  $h_1$  es igual a  $d_1$
- Las alturas de agua antes ( $h_1$ ) y después del resalto ( $h_2$ ) deben satisfacer la siguiente ecuación:



$$\frac{h_2}{h_1} = 0.5 * (\sqrt{1 + 8 * F^2} - 1) \dots \dots \dots (08)$$

Donde:

$$F = V_1 / \sqrt{g * h_1}$$

$V_1$  = Velocidad en la seccion

- Los tipos más frecuentes tienen la ventaja de servir como unidades de medición de caudal y como unidades de mezcla rápida.
- La energía hidráulica disipada o pérdida de carga se puede calcular en la longitud (L) del resalto, mediante la fórmula de Belanger:

$$h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_1 * h_2} \dots \dots \dots (09)$$

- La longitud de resalto mediante la fórmula de Smetana:

$$L = 6 (h_2 - h_1) \dots \dots \dots (10)$$

- Gradiente de velocidad (G) producido:

$$G = (\gamma Q h_p / \mu \nabla)^2 \text{ o } (\gamma / \mu)^{0.5} * (h_p / T)^{0.5} \dots (11)$$

- Tiempo de mezcla (T).

$$T = \frac{2 * L}{V_1 + V_2} \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

$\gamma$  = Peso específico del agua

$\mu$  = Coeficiente de viscosidad absoluta

Q = Caudal

$h_p$  = Pérdida de carga

$\nabla$  = Volumen comprendido entre las secciones (1) y (2)

$V_1$  = Velocidad del agua en la seccion (1)

$V_2$  = Velocidad del agua en la seccion (2)

La tabla presenta los valores de para diferentes temperaturas:

**TABLA N° 0 3: VALORES PARA DIFERENTES TEMPERATURAS**

Temperatura (°C)	$\sqrt{y/\mu}$
0	2.336,94
4	2.501,56
10	2.736,53
15	2.920,01
20	3.114,64
25	3.266,96

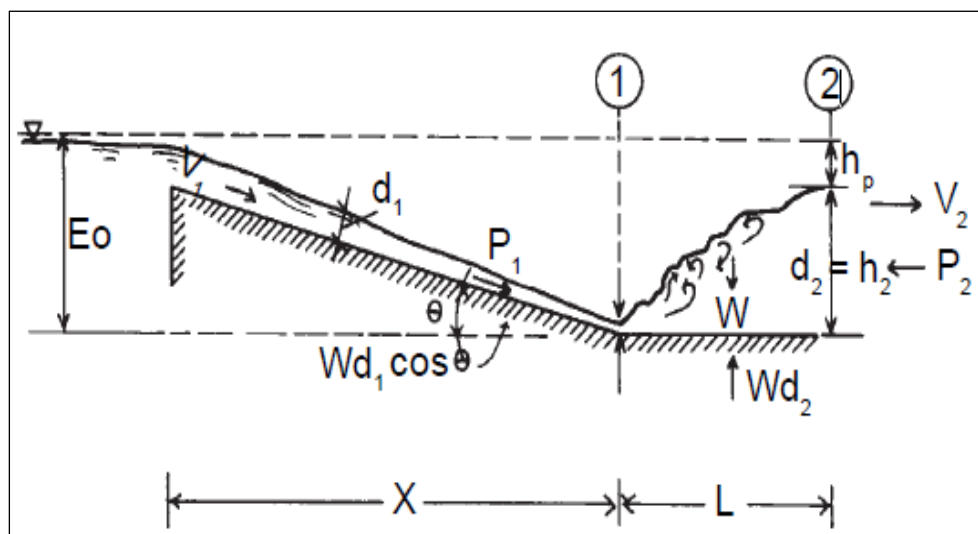
Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

### **Modelos de comprobación**

Canal rectangular con cambio de pendiente o rampa. Un cambio de pendiente en un canal es uno de los medios más simples de producir un salto hidráulico con fines de mezcla.

Para comprobar si se están produciendo los valores recomendados de gradiente de velocidad y tiempo de retención una vez asumida la geometría del canal, es necesario calcular las alturas y velocidades conjugadas en las secciones (1) y (2) del grafico N°07.

**GRAFICO N° 0 7: COMPROBACION DE RESALTO HIDRAULICO**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

### **2.5.2.12.3 Floculadores<sup>40</sup>**

El objetivo del floculador es proporcionar a la masa de agua coagulada una agitación lenta aplicando velocidades decrecientes, para promover el crecimiento de los floculas y su conservación, hasta que la suspensión de agua y flóculos salga de la unidad. La energía que produce la agitación del agua puede ser de origen hidráulico o mecánico.

#### **2.5.2.12.3.1 Parámetros y recomendaciones generales de diseño**

Los gradientes de velocidad que optimizan el proceso normalmente varían entre 70 y 20 s<sup>-1</sup>. En todo caso, en el primer tramo de la unidad el gradiente no debe ser mayor que el que se está produciendo en la interconexión entre el mezclador y el floculador.

- El gradiente de velocidad debe variar en forma uniformemente decreciente, desde que la masa de agua ingresa a la unidad hasta que sale.
- El tiempo de retención puede variar de 10 a 30 minutos, dependiendo del tipo de unidad y de la temperatura del agua. En las zonas tropicales, donde las aguas presentan temperaturas por encima de los 20 °C, el tiempo de floculación necesario suele ser más breve, alrededor de 15 minutos.

En cambio, en los lugares fríos, donde el agua tiene temperaturas de 10 a 15 °C, generalmente el proceso se optimiza con tiempos de retención iguales o superiores a 20 minutos.

- Para que el periodo de retención real de la unidad coincida con el de diseño, ella debe tener el mayor número posible de compartimientos o divisiones.
- El paso del mezclador al floculador debe ser instantáneo y deben evitarse los canales y las interconexiones largas.
- El tiempo de retención y el gradiente de velocidad varían con la calidad del agua.
- Pueden operar indefinidamente sin riesgos de interrupción, debido a que solo dependen de la energía hidráulica. Por esta razón, son muy confiables en su operación.

#### **2.5.2.12.3.2 Unidades de pantallas.**

Las unidades de pantallas son las más eficientes y económicas de todos los floculadores actualmente en uso. Debido a la gran cantidad de compartimientos que tienen, confinan casi perfectamente el tiempo de retención; el tiempo real es prácticamente igual al tiempo teórico cuando la unidad ha sido bien proyectada.

---

<sup>40</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual II. Diseño de plantas de tecnología apropiada. Pág.91-97

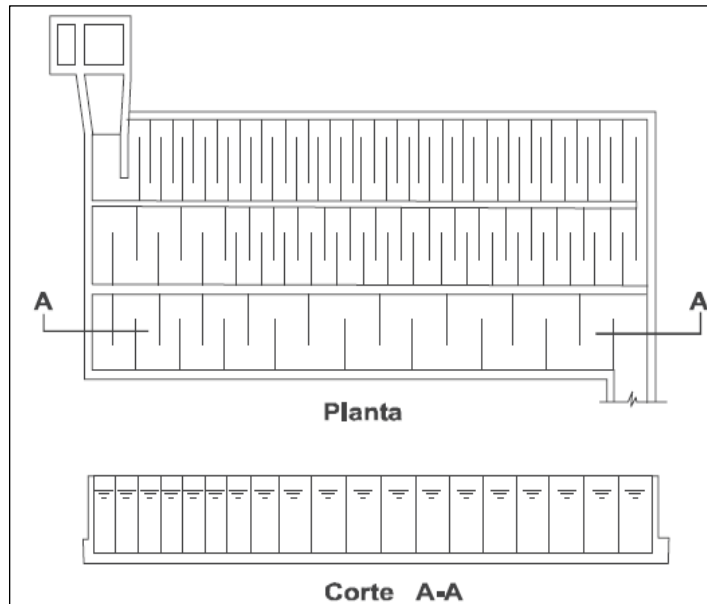
Debido a que no se requiere energía eléctrica para su funcionamiento, el costo de producción es muy bajo.

➤ **Unidades de flujo horizontal**

• **Parámetros y recomendaciones de diseño**

- Recomendables para caudales menores de 50 litros por segundo.
- Se proyectará un mínimo de dos unidades, salvo que la planta tenga alternativa para filtración directa, porque en ese caso, podrá darse mantenimiento al floculador durante los meses en que la planta opera con filtración directa.
- En este tipo de unidades predomina el flujo de pistón, por lo que se consigue un buen ajuste del tiempo de retención.
- Se pueden utilizar pantallas removibles de concreto prefabricadas, fibra de vidrio, madera, plástico, asbesto - cemento u otro material de bajo costo, disponibles en el medio y que no constituya un riesgo de contaminación.
- De esta manera, se le da mayor flexibilidad a la unidad y se reduce el área construida, disminuyendo por consiguiente el costo de construcción.
- Entre los materiales indicados para las pantallas, los que ofrecen mayor confiabilidad son la fibra de vidrio, el plástico, los tabiques de concreto prefabricados y la madera. En cada caso, la elección del material dependerá del tamaño de la planta, del costo del material y de los recursos disponibles. Si se empleara madera, se pueden disponer tabiques de madera machihembrada, tratada con barniz marino aplicado en varias capas, cada una en sentido opuesto a la anterior, de tal manera de formar una gruesa capa impermeabilizante. También puede emplearse madera revestida con una capa de fibra de vidrio. La unidad puede tener una profundidad de 1,00 a 2,00 metros, dependiendo del material utilizado en las pantallas.
- El coeficiente (K) de pérdida de carga en las vueltas varía entre 1,5 y 3,0. Se recomienda usar un coeficiente de 2 para este fin.
- El espaciamiento entre el extremo de la pantalla y la pared del tanque es decir, el paso de un canal a otro se deberá hacer igual a 1,5 veces el espaciamiento entre pantallas.

- **GRAFICO N° 0 8: FLOCULADOR DE FLUJO HORIZONTAL**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

• **Criterios para el dimensionamiento**

En las unidades hidráulicas el gradiente de velocidad es una función de la pérdida de carga:

$$G = (\gamma/\mu)^{0.5} * (hp/T)^{0.5} \dots\dots\dots (12)$$

$$T = \frac{2 * L}{V1 + V1} \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

$\gamma$  = Peso específico del agua

$\mu$  = Coeficiente de viscosidad abasoluta

$hp$  = Pérdida de carga

$V1$  = Velocidad del agua en la seccion (1)

$V2$  = Velocidad del agua en la seccion (2)

- La pérdida de carga se produce a lo largo de los canales ( $h1$ ) y principalmente en las vueltas ( $h2$ ) de 180 grados que tiene un coeficiente de pérdida de carga local de 2 , por lo que la pérdida de carga total en el tramo resulta de la sumatoria de  $h1$  y  $h2$  , pérdida local y por fricción (  $hf$  )

$$hf = h1 + h2 \dots\dots\dots (14)$$

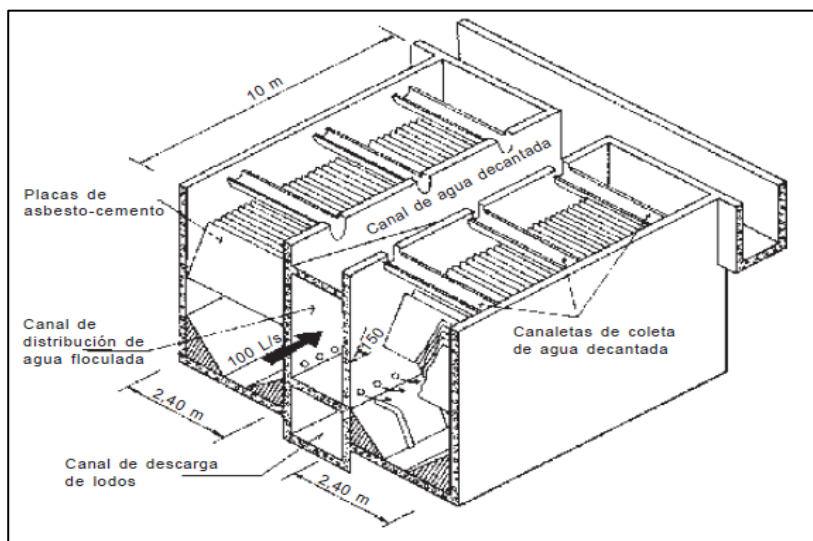
#### 2.5.2.12.4 Decantadores laminares<sup>41</sup>

Los decantadores laminares pueden tratar caudales mayores en un área y estructura menor de la que requieren los decantadores convencionales y su eficiencia es superior. Comparándolos con las unidades de contacto de sólidos o decantadores de manto de lodos, que también son de alta tasa, no requieren energía eléctrica para su operación. Por todas estas ventajas, esta unidad es considerada como tecnología apropiada para países en desarrollo y para todo programa de mejoramiento de la calidad del agua que tenga como meta conseguir la mejor calidad al menor costo de producción; esto es, para la sostenibilidad de los proyectos.

##### 2.5.2.12.4.1 Decantadores de placas

Mediante la colocación de placas paralelas o módulos de diferentes tipos en la zona de sedimentación, se obtiene en estas unidades una gran superficie de deposición para los lodos, con lo cual se logra disminuir apreciablemente el área superficial de los tanques. La diferencia básica entre los decantadores laminares o de alta tasa y los decantadores convencionales reside en que los primeros trabajan como su nombre lo indica con flujo laminar (número de Reynolds,  $Nr < 500$ ) y los últimos con flujo turbulento ( $Nr$  entre 10.000 y 250.000). Esta diferencia teórica fundamental debe reflejarse en la forma como se diseñan unos y otros.

**GRAFICO N° 0 9: DECANTADORES DE PLACAS**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

<sup>41</sup> CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual II. Diseño de plantas de tecnología apropiada. Pág.134

- **Parámetros y recomendaciones generales de diseño**

- El parámetro de diseño más importante en las unidades de decantación es la velocidad de sedimentación de los flóculos, que depende fundamentalmente de las características del agua cruda y de la eficiencia del pretratamiento. Por esta razón, la velocidad de diseño debe determinarse experimentalmente para cada caso.
- Las cargas superficiales utilizadas en América Latina normalmente varían entre 120 y 185 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d, con eficiencias de remoción por encima del 90% (8).
- De acuerdo con investigaciones realizadas en prototipos, las unidades se pueden diseñar con Nr de hasta 500, sin que se obtengan disminuciones apreciables en la eficiencia alcanzada.
- En los decantadores laminares, el Nr es una consecuencia de la geometría de los elementos tubulares y de la velocidad del flujo en el interior de estos, y no una condición del proyecto (1). De acuerdo con este criterio que se va corroborando con la experiencia práctica indicada en el ítem anterior no es necesaria la obtención de un flujo laminar puro para mejorar la eficiencia del proceso.
- Al utilizarse el Nr en el límite máximo del rango laminar, se consigue ampliar la separación de las placas o la sección de los módulos, lo cual se refleja en una gran economía, al disminuir el número de placas o módulos empleados en la construcción de la unidad.
- La velocidad longitudinal media (Vo) en los elementos tubulares comúnmente se adopta entre 10 y 25 cm/min. En cada caso, es posible determinar la velocidad máxima del flujo mediante la expresión.

$$V_o \text{ max} = \left(\frac{N_r}{8}\right)^{0.5} * V_{sc} \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

V<sub>sc</sub> = velocidad de sedimentación de las partículas.

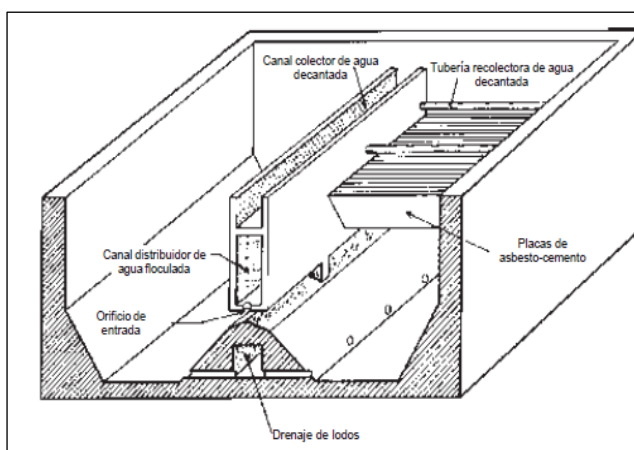
- Dada la gran cantidad de módulos que se precisan, es deseable que el material sea de bajo costo y muy resistente a la permanencia bajo el agua.
- Las lonas de vinilo reforzadas con hilos de poliéster de alta tenacidad son el material más usado actualmente por sus grandes ventajas: no producen pérdidas por rotura, el sistema de instalación es más sencillo y su duración es muchísimo mayor.
- Tradicionalmente, en este tipo de unidades se han venido utilizando las planchas de asbesto-cemento por su alta disponibilidad, bajo costo y resistencia a la corrosión, con

las siguientes dimensiones: 1,20 metros de alto por 2,40 metros de largo, con espesores de un centímetro o de 6 y 8 milímetros, siempre y cuando hayan sido fabricadas con fibras largas de asbesto.

#### 2.5.2.12.4.2 Decantadores de flujo ascendente

Para optimizar el funcionamiento de estas unidades, debemos considerar en el proyecto estructuras de entrada, salida, almacenamiento y extracción de lodos correctamente concebidas, a través de las cuales se debe vehiculizar el agua para lograr el mejor comportamiento y la máxima eficiencia de la unidad.

**GRAFICO N° 0 10: DECANTADORES DE FLUJO ASCENDENTE**



Fuente: CEPIS/OPS-Tratamiento De Agua Para  
Consumo Humano

- **ZONA DE ENTRADA.** Esta zona tiene como objetivo distribuir el caudal de manera uniforme a todas las unidades que operan en paralelo y a lo largo del módulo de placas. Esta función la desempeñan dos canales con diferente ubicación.

➤ **Criterios de diseño.**

- Si se proyectan canales de sección variable, se consigue distribuir el caudal de manera uniforme a varias unidades, para que la velocidad se mantenga constante.
- La sección del canal puede tener ancho constante y profundidad variable o ancho variable y profundidad constante. Los canales del primer tipo son los más convenientes porque permiten compactar más el área de la planta. En plantas grandes el ancho de este canal puede ser de varios metros, por lo que resulta muy conveniente que tenga un ancho constante y que la mayor dimensión esté en la profundidad, aprovechando la excavación que inevitablemente se hará para la construcción del decantador.



- Se puede admitir una desviación de caudales de 5% entre la primera y la última compuerta u orificio lateral de distribución, lo cual se comprueba mediante la aplicación de los criterios de Hudson.
- El coeficiente de pérdida de carga total en las compuertas ( $\beta$ ) está dado por la siguiente expresión:

$$\beta = 1 + \theta + \left( \frac{V_c}{V_L} \right)^2 * \varphi \dots \dots \dots (16)$$

$\theta$  = Coeficiente de pérdida de carga en la entrada

1 = Pérdida de carga debida a la disipación de energía en el lateral

En canales cortos como los que se diseñan en plantas de Tratamientos de agua, el valor es 0.70

$\varphi$  = Coeficiente de pérdida de carga,  $\varphi = 1.67$

$V_c$  = Velocidad en el canal o tubo principal de distrib.

- La velocidad real en los laterales ( $V_L$ ) se comprueba mediante la siguiente expresión:

$$V_L = \frac{Q_t}{AL * \sqrt{\beta_1} \left( \frac{\sum_{i=1}^n}{\sqrt{\beta_1}} \right)} \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

$Q_t$  = Caudal total por distribución (m<sup>3</sup>/s)

$AL$  = Área de cada uno de los orificios de las compuertas.

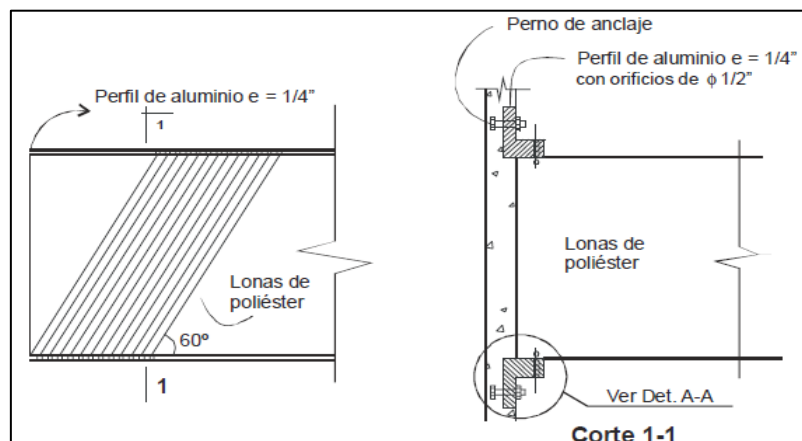
- **ZONA DE SEDIMENTACIÓN.** Esta zona se proyecta sobre la base de la tasa de decantación seleccionada durante el estudio de laboratorio efectuado con el agua cruda. La muestra debe tomarse durante el periodo lluvioso, para que los resultados de estas pruebas, que constituyen los parámetros de diseño del proyecto, correspondan a las necesidades de la época más crítica.
- Las lonas que se utilizan como placas son de vinilo y reforzadas con hilos de poliéster de alta tenacidad (KP 500 ó 1.000), recubiertas por ambos lados con PVC de formulación especial; con bastas en todo el contorno y cabos o refuerzos metálicos internos, por lo menos en los laterales y en la parte inferior, en lo posible estas lonas deben ir espaciadas 10 cm y con ángulos de inclinación de 60 grados, que de esa manera tener un área superficial de sedimentación mayor.

• **FIGURA N° 0 7: DECANTADOR- PLACAS LAMINARES**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

**GRAFICO N° 11: DETALLE DE FIJACION DE LAS PLACAS.**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

➤ **Criterios para el dimensionamiento**

- El área total que debe cubrirse con placas espesor (e) y separación (e'), en el plano horizontal, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$A_s = \frac{Q}{f * V_s} \dots \dots \dots (18)$$

$$f = \frac{\text{sen}(\emptyset) * (\text{sen}(\emptyset) + L * \text{cos}(\emptyset))}{S} \dots \dots (19)$$

Donde:

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s

Vs = Velocidad de sedimentación de las partículas m/s

L= Longitud relativa

S= Modulo de eficiencia de placas

- La longitud relativa L se determina mediante la siguiente expresión.

$$L = \frac{lu}{d} \dots \dots \dots (20)$$

Donde:

lu = longitud útil dentro de las placas

d = espaciamiento entre las placas

- El número total de placas por instalar (N) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$N = \frac{As * \text{sen}\theta}{B * d} \dots \dots \dots (21)$$

Donde:

B = Ancho total neto de la zona de decantación

- El número de Reynolds se comprueba mediante la siguiente expresión:

$$Nr = \frac{4RHVo}{v} \dots \dots \dots (22)$$

Donde:

v = viscosidad cinemática en m<sup>2</sup>/s

V<sub>o</sub> = velocidad media del flujo en m/s

RH = radio medio hidráulico en m

Nr = Numero de reynos

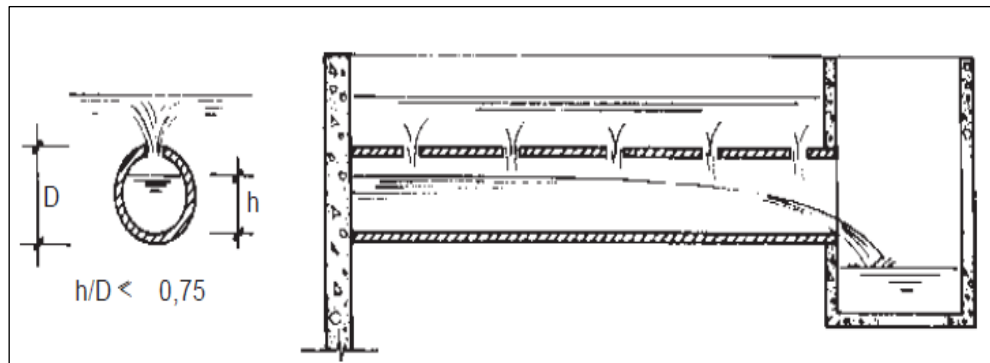
v = viscosidad cinemática en m<sup>2</sup>/s

## • ZONA DE SALIDA

### ➤ Criterios generales

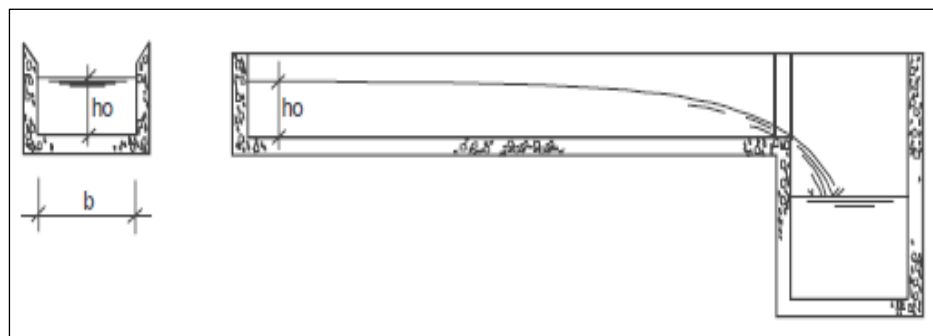
- La uniformidad en la ascensión del flujo depende tanto de las características de la zona de entrada como de la de salida.
- Para conseguir una extracción uniforme, se puede diseñar ya sea un canal central recolector y canales laterales, un canal central y tuberías laterales perforadas o un canal central y vertederos laterales.
- No es recomendable diseñar vertederos fijos de bordes lisos, porque cualquier desigualdad en los bordes produce apreciables desigualdades en la cantidad de agua extraída.

○ **GRAFICO N° 0 12: TUBERIA DE RECOLECCION AGUA DECANTADA**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

**GRAFICO N° 0 13: CANAL DE RECOLECCION DE AGUA DECANTADA**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

➤ **Criterios para el dimensionamiento**

- La longitud de vertederos de recolección ( $lv$ ) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$lv = \frac{Q}{qr} \dots \dots \dots (23)$$

Donde:

$Q$  = caudal de diseño del decantador en L/s

$qr$  = tasa de diseño de los vertederos, que varía entre 1,1 y 3,3 L/s x m de longitud de vertedero.

Los valores de  $qr$  cercanos a 1,10 L/s x m se recomiendan para flóculos débiles o para plantas con operación poco confiable, y valores cercanos a 3,30, para casos de flóculos grandes, pesados y con buen nivel de operación.

La distancia máxima entre los vertederos de recolección (d) es una función de la profundidad (h) de instalación de los módulos o placas y es inversamente proporcional a la tasa de escurrimiento superficial.

$$d/h = \frac{432}{V_s} \dots \dots \dots (24)$$

Donde:

$V_s$  = velocidad ascensional del agua o tasa de escurrimiento superficial en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d

- **ZONA DE LODOS.** Esta zona está compuesta por las tolvas de almacenamiento y el sistema de evacuación o de descarga hidráulica de los lodos. La alternativa más recomendable, por su excelente funcionamiento, es la de tolvas separadas, con colector múltiple de extracción hidráulica y uniforme.

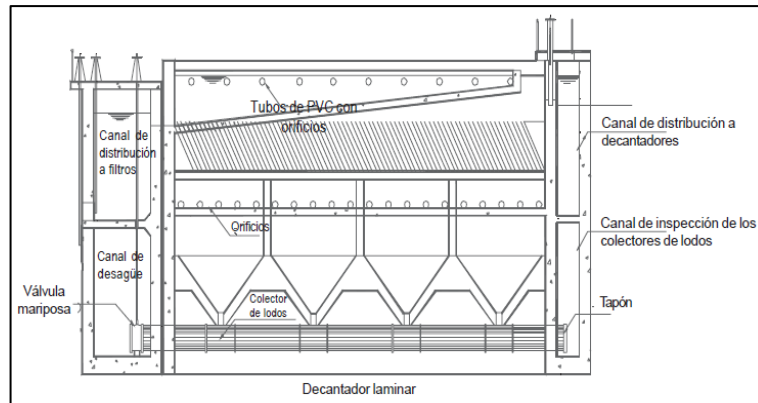
#### ➤ **Tolvas separadas y colector múltiple**

##### ○ **Criterios de diseño.**

- En las tolvas separadas, la separación entre orificios está dada por la configuración de las tolvas y el número de estas.
- El volumen total de almacenamiento disponible en las tolvas está relacionado con la producción diaria de lodos. Normalmente se adopta un periodo de almacenamiento de un día y la frecuencia máxima de descargas en época de lluvia es de cuatro horas.
- Las mejores condiciones hidráulicas se consiguen “atolvando” los fondos, de modo que se tenga una tolva por cada boca de salida, con lo cual se consigue, además, tener orificios de descarga de mayor diámetro, lo que disminuye el riesgo de atoros. Como el lodo presiona el punto de salida, la tolva se vacía totalmente. La viga ubicada debajo de las placas y las columnas se debe a que el módulo era de placas de asbesto cemento.
- El diámetro del colector múltiple se incrementa en función de su longitud total, y el diámetro es modificado por el número de orificios de extracción.
- La extracción de lodos debe ser equitativa y se puede admitir una desviación máxima de 10%.
- La distribución del flujo entre los orificios depende de la relación entre la suma de las secciones de todos los orificios de descarga (n Ao) y la sección del dren (A). Experimentalmente, se encontró que, para que la desviación (δ) de flujo entre los orificios extremos no sea mayor de 10%, R debe variar entre 0,40 y 0,42.

$$R < 0,42$$

**GRAFICO N° 0 14 : TOLVAS DE ALMACENAMIENTO DE LODOS**

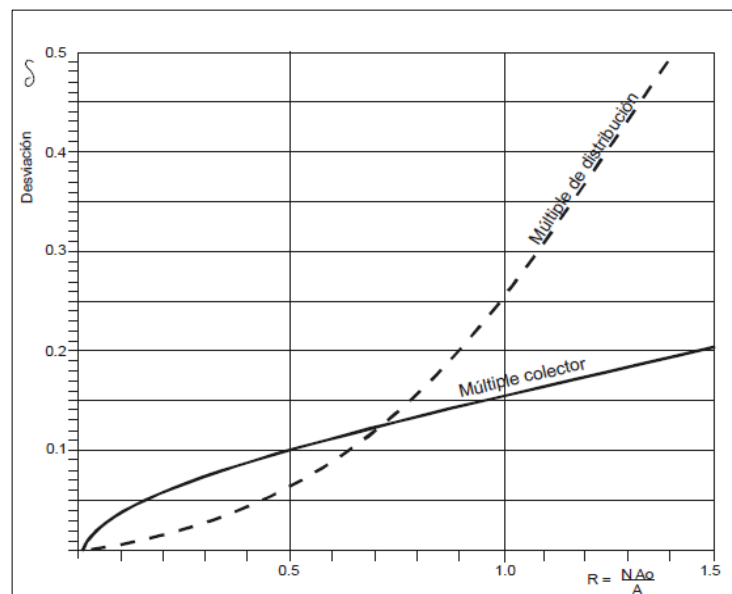


Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

De acuerdo al ábaco de la figura 4-23, para que la desviación ( $\delta$ ) entre los orificios extremos del colector no sea mayor de 10%, se debe cumplir la siguiente relación:

$$\delta = \frac{nAL}{A} = < 0.50 \dots \dots \dots (25)$$

**GRAFICO N° 0 15: DESVIACION**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

- El diámetro de los orificios se determina en función del diámetro del dren (D), de la relación (R) y del número de orificios (n).

○ **Criterios de dimensionamiento**

- El diámetro de los orificios de descarga (d) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$d = \frac{X}{(1.162 * (\frac{H^{0.5}}{Va})^{0.5})} \dots \dots \dots (26)$$

Donde:

X: Separación entre orificios de salida en m.

H: Carga hidráulica en m.

Va: Velocidad de arrastre del lodo.

Se recomienda establecer como velocidad mínima de arrastre en los puntos más alejados de 1 a 3 cm/s.

- El diámetro del colector de lodos (D) se determina mediante la siguiente expresión:

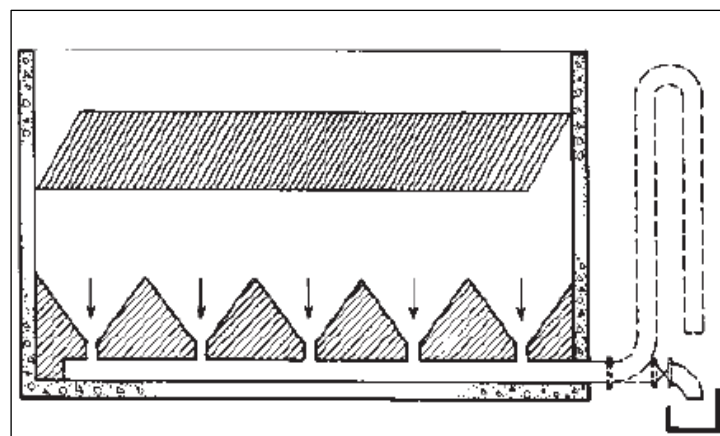
$$D = \frac{d}{\sqrt{R/N}} \dots \dots \dots (27)$$

Dónde: R: Relación de velocidades entre el colector  
y los orificios de descarga.

N: Numero de orificios de la tolva

D: Diámetro de los orificios

**GRAFICO N° 0 16: DIAMETRO DEL COLECTOR DE  
LODOS**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para  
Consumo Humano

- El caudal de drenaje del colector (QL) se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$QL = Cd. A. \sqrt{2gh} \dots \dots \dots (28)$$

Donde:

Cd = Coeficiente de descarga

A = Sección del colector en m<sup>2</sup>

$G$  = aceleración de la gravedad en  $m/s^2$

$H$  = Carga hidráulica en  $m$

#### **2.5.2.12.5 Batería de filtros de tasa declinante y lavado mutuo**

Los filtros son las unidades más complejas de una planta de tratamiento de agua. Su correcta concepción depende de la interrelación que exista entre las características de la suspensión afluente y los rasgos del medio filtrante, para que predominen los mecanismos de filtración apropiados que darán como resultado la máxima eficiencia posible.

##### **2.5.2.12.5.1 Ventajas de las baterías de filtros de tasa declinante y lavado mutuo**

Las baterías de filtros de tasa declinante y lavado mutuo se consideran como tecnología apropiada debido a que reúnen las siguientes ventajas sobre otros sistemas de filtración en uso:

- No requieren una carga hidráulica muy grande para operar. Los filtros de tasa constante operan con una carga hidráulica de 1,80 a 2 metros para completar una carrera de operación de 40 a 50 horas en promedio.

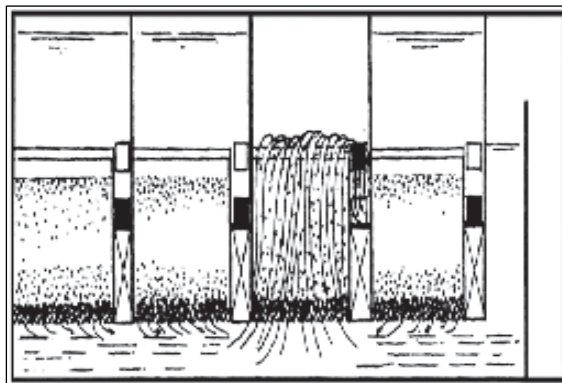
En estas mismas condiciones, normalmente una batería de filtros operando con tasa declinante requiere una carga similar a la que necesitaría si estuviera operando con tasa constante, dividida por el número de filtros que componen la batería.

- No tienen galería de tubos. El transporte del agua decantada, filtrada, el agua para el retrolavado de los filtros y el desagüe del agua de lavado se efectúan mediante canales.
- No se requiere tanque elevado ni equipo de bombeo para efectuar el retrolavado de un filtro. A través del canal de interconexión y debido a un especial diseño hidráulico del sistema, el agua producida por lo menos por tres filtros retrolava a una unidad.
- La batería de filtros opera bajo el principio de vasos comunicantes. Las unidades están intercomunicadas por la entrada a través del canal de entrada y también del canal de interconexión en la salida. Por esta característica, las unidades presentan todos los mismos niveles y es posible controlar el nivel máximo de toda la batería, con un solo vertedero-aliviadero en el canal de entrada.
- La batería de filtros opera bajo el principio de vasos comunicantes. Las unidades están intercomunicadas por la entrada a través del canal de entrada y también del canal de interconexión en la salida. Por esta característica, las unidades presentan todos los



- mismos niveles y es posible controlar el nivel máximo de toda la batería, con un solo vertedero-aliviadero en el canal de entrada.

**GRAFICO N° 0 17: BATERIA DE FILTROS**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua

Para Consumo Humano

#### **2.5.2.12.5.2 Descripción de una batería de tasa declinante y lavado mutuo.**

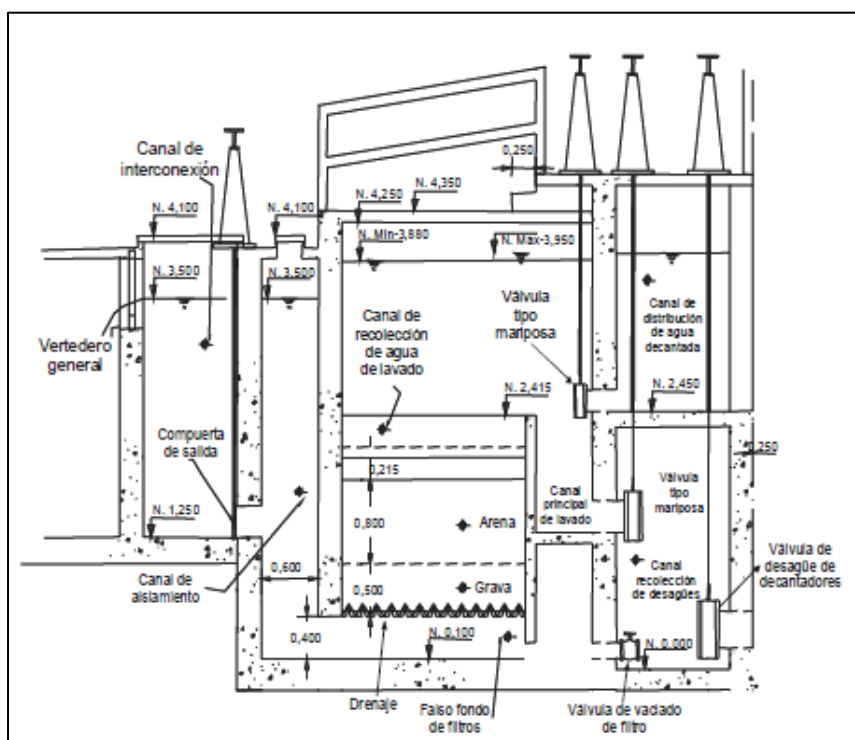
- **Caja del filtro.** Es la parte más importante de la unidad. Podemos apreciar del fondo hacia arriba: el falso fondo, el drenaje generalmente del tipo de viguetas prefabricadas de concreto, la capa soporte de grava, el lecho filtrante, las canaletas secundarias de lavado y el canal principal de lavado, que recibe el agua del retrolavado colectada por las canaletas secundarias.

Por encima de este nivel se ubican las cargas de agua necesarias para el funcionamiento de la batería (carga hidráulica para el lavado y carga hidráulica para el proceso de filtrado), las cuales determinan la profundidad total de la caja del filtro y se limitan mediante vertederos.

- **Canal de distribución de agua decantada.** Alimenta las cajas de los filtros a través de las válvulas de entrada de cada unidad. En la parte superior de este canal se ubica el vertedero que limita la carga hidráulica máxima disponible para la operación con tasa declinante de la batería de filtros.
- **Canal de desagüe de agua de retrolavado.** Ubicado debajo del anterior, recibe el agua del retrolavado de los filtros. En este canal se acostumbra reunir también los desagües de los decantadores y floculadores, por lo que constituye el canal emisor de la planta.
- **Canal de interconexión de la batería.** Cumple dos funciones importantes:

- Durante la operación normal de filtración, reunir el efluente de todos los filtros y sacarlo a través del vertedero que controla la carga hidráulica de lavado.
- Durante la operación de lavado de una unidad, al bajar el nivel del agua por debajo del vertedero de salida facilita que se derive automáticamente el agua filtrada producida por las otras unidades en operación (por lo menos tres) hacia el filtro que se encuentra en posición de lavado.

**GRAFICO N° 0 18: DETALLE DE UN FILTRO RAPIDO**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

### 2.5.2.12.5.3 Criterios generales de diseño.

- **Geometría de la batería**
- **Área de cada filtro y número de filtros.**
  - El número mínimo de filtros en una batería de tasa declinante y lavado mutuo es de cuatro unidades, de tal manera que tres toman el caudal de toda la batería al momento de lavar una unidad.
  - El área de la caja de un filtro debe ser tal que al pasar todo el caudal de la batería por un filtro, se produzca la velocidad ascensional (VL) apropiada para expandir en 30% el lecho filtrante.

$$Area\ de\ un\ filtro\ (A_f) = \frac{Q}{V_L} \dots \dots \dots (29)$$

- El área total de la batería de filtros se define por la relación del caudal de diseño de la batería sobre la tasa de filtración seleccionada ( $V_f$ ) de acuerdo con el tipo de lecho filtrante, las características del afluente y el nivel de operación local.

$$\text{Area total de filtracion}(A_t) = \frac{Q}{V_f} \dots \dots \dots (30)$$

- El número de filtros de la batería se obtiene por la relación del área total filtrante entre el área de un filtro. Debe ajustarse la velocidad ( $V_f$ ) hasta que dé un número exacto de filtros.

$$\text{Numero de filtros } (N) = \frac{A_t}{A_f} \dots \dots \dots (31)$$

- El ingreso del agua decantada a la caja del filtro debe efectuarse en un nivel más bajo que el nivel mínimo de operación, para que cada filtro tome el caudal que puede filtrar de acuerdo con su estado de colmatación.

- Por la facilidad de operación y mayor duración, deben colocarse válvulas mariposa en la entrada del agua decantada al filtro y la salida del retrolavado al canal de desagüe.

#### ▪ **Tasas de filtración**

- La tasa de filtración depende de varios factores como el tipo de suspensión afluente (agua decantada, coagulada, prefloculada, con o sin uso de polímero auxiliar, color verdadero, turbiedad, número de microorganismos, etcétera), granulometría y espesor del medio filtrante, método de operación de los filtros, eficiencia del lavado, uso del agua filtrada, etcétera.
- Es usual adoptar un valor conforme muestra la tabla N° 04. No obstante, cuando fuera posible, es deseable que se realice una investigación experimental a fin de optimizar el diseño y la operación de los filtros.

#### ▪ **Drenaje, capa soporte de grava y falso fondo.**

- El drenaje más durable y factible de ser construido en obra, sin requerir importaciones, es el constituido por viguetas prefabricadas de concreto de forma triangular .ver gráfico N°19.
- En filtros grandes las viguetas se construyen de 0,30 metros de ancho; y en los pequeños, de 0,15 metros de ancho. Los orificios se ubican a ambos lados de la vigueta espaciados entre 0,10 y 0,15 metros centro a centro. Los orificios se establecen con niples de PVC de ½ a 1" de diámetro.
- Las viguetas no deben tener una longitud mayor de 4 metros para evitar el pandeo. Con longitudes mayores, deberán proyectarse apoyos intermedios.

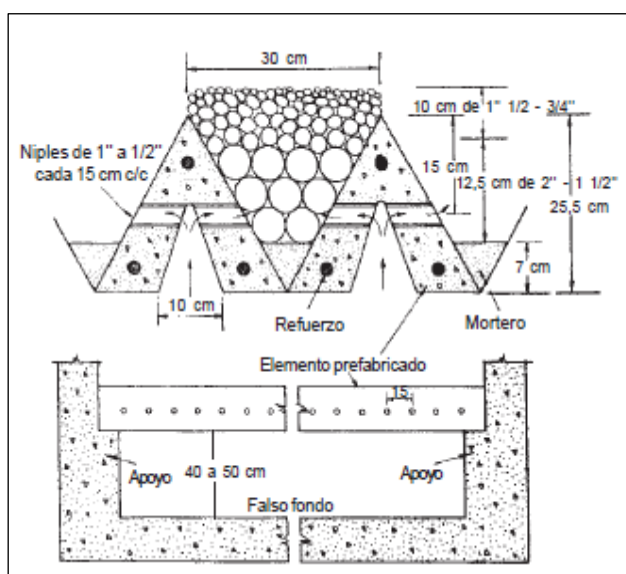
**TABLA N° 0 4: TASA DE FILTRACION DE UN FILTRO  
RAPIDO.**

Discriminación		Tasa de filtración (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día)
Filtración rápida descendente con tasa declinante		
a)	De agua decantada, en medio filtrante único de arena con tamaño efectivo (T. E.) de 0,50 a 0,60 mm y espesor alrededor de 0,80 metros.	120 - 150
b)	De agua floculada o prefloculada, en medio filtrante grueso y único, con espesor superior a un metro y uso de polímero como auxiliar (filtración directa)	240 - 360
c)	De agua decantada en medio filtrante doble, con espesor total inferior a 0,80 metros y buen nivel de operación y mantenimiento.	240 - 360

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

**GRAFICO N° 0 19: DETALLE DE DRENAJE Y**

**FALSO FONDO**

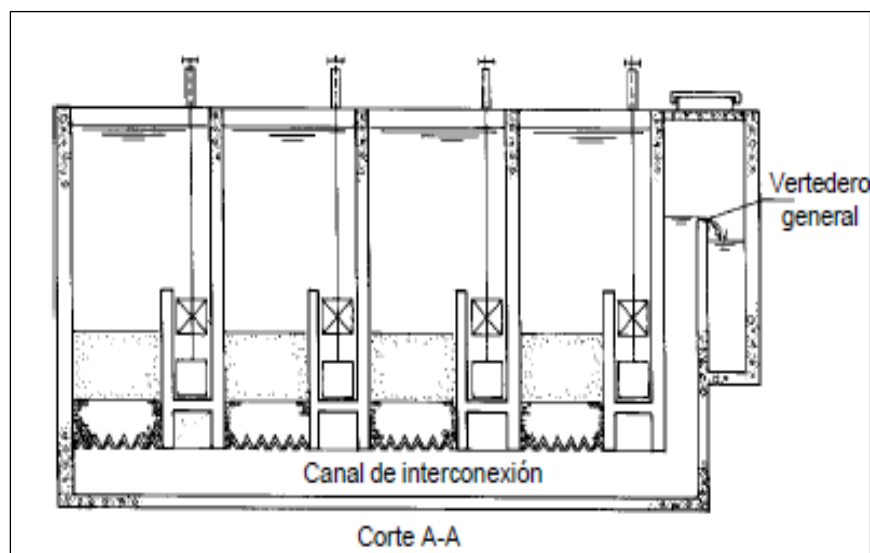


Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

- Las viguetas no deben tener una longitud mayor de 4 metros para evitar el pandeo. Con longitudes mayores, deberán proyectarse apoyos intermedios.
- Se debe proyectar un número entero de viguetas, para lo cual se tendrá en cuenta que la dimensión del filtro transversal a la posición de las viguetas debe ser un múltiplo de 0,15 metros si el filtro es pequeño o de 0,30 metros si el área del filtro es grande.

- Se denomina falso fondo al canal ubicado debajo del drenaje, por donde sale el agua filtrada o asciende el agua para el retrolavado. En las baterías de filtros pequeñas el falso fondo también tiene la función de canal de interconexión. Ver gráfico N° 20.

**GRAFICO N° 0 20: CANAL DE INTERCONEXION**



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

#### ▪ **Lecho filtrante**

- El lecho filtrante es la parte más importante de esta unidad, donde se realiza el proceso. Todos los demás componentes son accesorios para poder operar y mantener adecuadamente la unidad.
- El lecho filtrante puede ser simple o doble; esto es, de arena sola o de antracita y arena. Con el primero, la inversión es menor, pero al tener un lecho de arena sola se requiere una velocidad de lavado mayor para obtener la misma expansión que cuando el lecho es doble, por lo que resulta un número de filtros mayor.
- Las tasas de filtración, en el caso de lechos de arena sola, varían en promedio entre 120 y 150 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d. Solo con arena gruesa, muy buena calidad de agua y nivel de operación y empleo de polímeros, es posible aplicar tasas mayores.
- La tabla N° 05 indica las características del lecho de arena que se recomiendan cuando los filtros van a operar con las dos alternativas, filtración rápida completa y filtración directa.

- **TABLA N° 0 5: CARACTERISTICAS DEL LECHO FILTRANTE**

Características	Símbolo	Criterio
Espesor (cm)	$L_1$	60 – 80
Tamaño efectivo (mm)	$D_{10}$	0,50 – 0,80
Coefficiente de uniformidad	CU	$\leq 1,5$
Tamaño más fino (mm)		0,42
Tamaño más grueso (mm)	$D_{90}$	2,0

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

- Cuando se seleccionan lechos dobles de antracita y arena, se puede usar una tasa promedio de 240 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d, lo cual reduce mucho el área filtrante total necesaria para el mismo caudal, en comparación con un lecho de arena sola, y el número de filtros de la batería resulta menor.

**TABLA N° 0 6: CARACTERISTICAS DE LA ANTRACITA**

Características	Símbolo	Arena	Antracita
Espesor (cm)	L	15 – 30	45 – 60
Tamaño efectivo (mm)	$D_{10}$	0,50 – 0,60	0,80 – 1,10
Coefficiente de uniformidad	CU	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$
Tamaño más fino (mm)		0,42	0,59
Tamaño más grueso (mm)	$D_{90}$	1,41	2,0

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

#### 2.5.2.12.6 Sala De Cloración

Las estaciones de cloración merecen mucha atención desde la etapa de diseño, por la importancia que este proceso tiene en la producción de agua segura y por los riesgos que involucran la operación y mantenimiento de las estaciones.

En el proceso de diseño de las estaciones de cloración, podemos considerar cuatro etapas:

- Almacenamiento del cloro;
- Sistemas de medición y control;
- Sistemas de inyección;
- Sistemas de seguridad.

### 2.5.2.12.6.1 Criterios generales de diseño

- El cloro es proporcionado en cilindros metálicos resistentes, de 50 a 1.000 kilogramos, en contenedores. Puede ser utilizado en forma líquida o gaseosa.

Los cilindros tienen las siguientes características:

- La máxima densidad de llenado es 125%. Se define así a la razón de porcentaje entre el peso del gas en el cilindro o contenedor y el peso del agua que puede contener a una temperatura de 15,6 °C (70 °F).
  - Se equipan con sistemas de seguridad (válvulas, protectores).
  - Se someten a pruebas de presión a intervalos regulares, de acuerdo con las normas correspondientes.
- De acuerdo con la capacidad de los cilindros, se puede extraer mayor o menor cantidad de cloro de cada uno de ellos.

**TABLA N° 0 7: CARACTERISTICAS DE LOS  
CILINDROS DE CLORO**

Peso del contenido		Peso del cilindro		Peso total del cilindro lleno		Máximo flujo de cloro que se puede extraer de un cilindro	
kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb
50	100	33	73	83	173	11,7	26
75	150	40-59	90-130	115-134	240-280	18,2	40
1.000	2.000	680	1.500	1.680	3.500	182	400

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

- El consumo de cloro necesario para la desinfección del agua se estima en 5 mg/L, con un mínimo de 1,0 mg/L. Para la oxidación y preparación de compuestos, se estima de acuerdo con las necesidades de tratamiento.
- Instalaciones con un consumo superior a 50 kg/d deben prever el uso de cilindros de una tonelada y para el traslado de los cilindros deben considerarse dispositivos que permitan hacer esta tarea bajo condiciones de seguridad.
- Debe preverse un almacenamiento de cloro suficiente para atender por lo menos 10 días de consumo máximo. En instalaciones con capacidad inferior a 10.000 m<sup>3</sup>/d 100 l/s debe preverse un almacenamiento para periodos mínimos de 30 días.
- El número de envases de cloro en uso dependerá básicamente del máximo flujo que se pueda obtener de cada cilindro. Tabla N° 08 indica la cantidad mínima de cilindros que debe haber en servicio, vacíos y de reserva, a fin de mantener un suministro continuo de cloro en la planta.

e. **TABLA N° 0 8: CANTIDAD MINIMA DE CILINDROS**

Cilindro de 75 kg				Cilindros de 1.000 kg			
Capacidad requerida kg/día	En servicio	Vacios	Reserva mínima	Capacidad requerida kg/día	En servicio	Vacios	Reserva mínima
0–18	1	2	3	54–180	1	1	2
18–36	2	4	6	180–360	2	2	4
36–54	3	6	9	360–540	3	3	6
54–72	4	8	12	540–720	4	4	8
72–90	5	10	15	720–900	5	5	10
90–100	6	12	18	900–1.000	6	6	12
				> 1.000	Usar evaporador		

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

#### 2.5.2.12.6.2 Criterios para el dimensionamiento

Es necesario conocer el consumo del producto de acuerdo con la capacidad de la planta. La información necesaria es la siguiente:

- caudal del proyecto (Q en L/s);
- dosificación esperada (dosis mínima y máxima en mg/L); tiempo de almacenamiento seleccionado. Ver la tabla N° 09 criterios basado en la experiencia.

**TABLA N° 0 9 : CLORO – TIEMPO DE ALMACENAMIENTO**

Producto	Tiempo de almacenamiento (meses)	Dosis en mg/L		Concentración de la solución (mg/L)
		Mínima	Máxima	
Cloro en cilindros a presión	3 – 6	1	3	3.500
Hipoclorito de calcio	3 – 6	1,4	4,3	10.000 – 50.000
Hipoclorito de sodio	< 1 mes	1,7	23,1	10.000 – 50.000

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

#### Notas:

- ✓ Las dosis mínima y máxima se basan en un porcentaje de cloro disponible de 70% para el hipoclorito de calcio y de 13% para el hipoclorito de sodio.
- ✓ Las dosis indicadas corresponden a la práctica usual; para la determinación precisa de la dosificación, se requiere efectuar el ensayo de demanda de cloro o curva al punto de quiebre.
- ✓ La ecuación de balance de masas permite diseñar, evaluar y operar estos sistemas:



$$\checkmark \quad Q \cdot D = q \cdot C = P \quad \dots \dots \dots (31)$$

Donde:

- Q = caudal máximo de diseño en L/s.
- D = dosis promedio de desinfectante =
- $(DM + Dm)/2$  (mg/L) (2)
- DM = dosis máxima (mg/L)
- Dm = dosis mínima (mg/L)
- q = caudal de solución de cloro (L/s)
- P = peso requerido del desinfectante (mg/s o kg/d)
- C = concentración de la solución (mg/L)

### 2.5.3 MARCO CONCEPTUAL: TERMINOLOGIA BASICA

Para tener una interpretación uniforme presento un vocabulario en el que figuren términos que pueden tener varias acepciones en el lenguaje común, con el fin de que sean entendidos de acuerdo con la definición que se expone.

#### 2.5.3.1 Afluente.<sup>42</sup>

Agua que entra a una unidad de tratamiento, o inicia una etapa, o el total de un proceso de tratamiento.

#### 2.5.3.2 Agua potable<sup>43</sup>.

Agua apta para el consumo humano.

#### 2.5.3.3 Agua cruda<sup>44</sup>.

Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento con la finalidad para hacerla apta para el consumo cumpliendo con los requisitos establecidos en el reglamento nacional de calidad

#### 2.5.3.4 Agua tratada.<sup>45</sup>

Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.

<sup>42</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento, Pag. 06

<sup>43</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento, Pag. 06

<sup>44</sup> REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, Pag. 09

<sup>45</sup> REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, Pag. 10

#### **2.5.3.5 Agua de consumo humano.<sup>46</sup>**

Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal.

#### **2.5.3.6 Calidad de agua.<sup>47</sup>**

Características físicas, químicas, y bacteriológicas del agua que la hacen aptas para el consumo humano, sin implicancias para la salud, incluyendo apariencia, gusto y olor.

#### **2.5.3.7 Caudal máximo diario.<sup>48</sup>**

Caudal más alto en un día, observado en el periodo de un año, sin tener en cuenta los consumos por incendios, pérdidas, etc.

#### **2.5.3.8 Coagulación.<sup>49</sup>**

Proceso mediante el cual se desestabiliza o anula la carga eléctrica de las partículas presentes en una suspensión, mediante la acción de una sustancia coagulante para su posterior aglomeración en el floculador.

#### **2.5.3.9 Filtración.<sup>50</sup>**

Es un proceso terminal que sirve para remover del agua los sólidos o materia coloidal más fina, que no alcanzó a ser removida en los procesos anteriores.

#### **2.5.3.10 Floculación<sup>51</sup> .**

Formación de partículas aglutinadas o flóculos. Proceso inmediato a la coagulación.

#### **2.5.3.11 Flóculos<sup>52</sup>.**

Partículas desestabilizadas y aglomeradas por acción del coagulante , los coagulantes que frecuentemente se utilizan son el sulfato de aluminio.

#### **2.5.3.12 Mezcla rápida<sup>53</sup>.**

Mecanismo por el cual se debe obtener una distribución instantánea y uniforme del coagulante aplicado al agua.

---

<sup>46</sup> REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, Pag. 10

<sup>47</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento, Pág. 05

<sup>48</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento, Pág. 05

<sup>49</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento, Pág. 06

<sup>50</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento, pag. 06

<sup>51</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento, Pag. 06

<sup>52</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento, Pag. 06

<sup>53</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento, Pag. 07

#### **2.5.3.13 Límite máximo permisible.<sup>54</sup>**

Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.

#### **2.5.3.14 Sedimentación.<sup>55</sup>**

Proceso de remoción de partículas discretas por acción de la fuerza de gravedad.

#### **2.5.3.15 Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano<sup>56</sup>.**

Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua.

#### **2.5.3.16 Tratamiento de agua.<sup>57</sup>**

Remoción por métodos naturales o artificiales de todas las materias objetables presentes en el agua, para alcanzar las metas especificadas en las normas de calidad de agua para consumo humano.

#### **2.5.3.17 Floculador.<sup>58</sup>**

Estructura diseñada para crear condiciones adecuadas para aglomerar las partículas desestabilizadas en la coagulación y obtener flóculos grandes y pesados que decanten con rapidez y que sean resistentes a los esfuerzos cortantes que se generan en el lecho filtrante.

#### **2.5.3.18 Turbiedad de origen coloidal<sup>59</sup>.**

Turbiedad medida en una muestra de agua luego de un período de 24 horas de sedimentación.

#### **2.5.3.19 Partículas floculentas<sup>60</sup>**

Partículas en suspensión que al descender en la masa de agua, se adhieren o aglutinan entre sí y cambian de tamaño, forma y peso específico.

---

<sup>54</sup> REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, Pag. 10

<sup>55</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento, Pag. 07

<sup>56</sup> REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, Pag. 10

<sup>57</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento, Pag. 07

<sup>58</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento, Pag. 06

<sup>59</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento, Pag. 06

<sup>60</sup> REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento, Pag. 06

#### **2.5.3.20 Parámetros microbiológicos.<sup>61</sup>**

Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano.

#### **2.5.3.21 Parámetros organolépticos.<sup>62</sup>**

Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial.

#### **2.5.3.22 Parámetros inorgánicos.<sup>63</sup>**

Son los compuestos formados por distintos elementos pero que no poseen enlaces carbono-hidrógeno analizado en el agua de consumo humano.

### **2.5.4 MARCO HISTORICO**

El sistema de agua de la Localidad de San Hilarión actualmente se encuentra sin operar principalmente por la presencia hierro y manganeso, en la fuente de agua, en concentraciones que sobrepasan el límite máximo permisible, que generan problemas organolépticos, turbiedad y la formación de sedimentos rojizos y negruzcos, lo que ocasiona inconvenientes en el uso de ésta, pues manchan la ropa al lavar.

A la fecha la localidad de San Hilarión está siendo abastecida con el servicio de agua potable en forma deficiente y con baja presión de dos (2) horas diarias en promedio mediante el sistema de agua, por gravedad, de la localidad de Picota, a través de una línea de aducción de diámetro nominal de 100 mm; que en su recorrido abastece mediante ramales a las localidades de Santa Rosillo, San Antonio, Nueva Unión, Caspizapa, Puerto Rico y finalmente a San Hilarión.

Por lo tanto habiéndose determinado una serie de deficiencias en cada una de las componentes del sistema de agua potable y al no contar con el sistema de remoción de metales pesados, se hace necesario dar solución a este problema, a fin de satisfacer las necesidades básicas de la población, y por ende de esta forma mejorar la salud.

La propuesta técnica a considerar servirá para que el sistema de agua potable pueda estar operativo, buscando una nueva fuente y considerando un sistema de tratamiento,

---

<sup>61</sup> REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, Pag. 10

<sup>62</sup> REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, Pag. 10

<sup>63</sup> REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, Pag. 10

para que esta localidad cuente con un servicio de agua en calidad y cantidad adecuadas, disminuyendo la presencia de diversas enfermedades en la población de la localidad, teniendo como objetivos específicos la disminución de la tasa de morbilidad y desnutrición de la población.

## **2.6 HIPOTESIS A DEMOSTRAR**

**“El diseño hidráulico de la planta de tratamiento de filtración rápida en la localidad de San Cristóbal de Sisa, permite resolver el problema de inoperatividad del sistema existente a través del suministro de agua para consumo humano cumpliendo con los requisitos establecidos en el reglamento Nacional de calidad”**

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 MATERIALES

Para el siguiente trabajo se ha utilizado:

##### 3.1.1 RECURSOS HUMANOS

Se contó con la colaboración de:

- a) **El asesor (a).** Es el que orienta y coordina el desarrollo de la metodología de la investigación de este trabajo para llegar a los objetivos planteados.
- b) **El Tesista.** Es el encargado de desarrollar el proyecto de investigación manejando todos los procesos que intervienen en el desarrollo, coordinando constantemente con el asesor y el personal del laboratorio para llegar a la conclusión de objetivos trazado.
- c) **Colaboradores:**
  - Empresa Municipal De Servicios De Agua Potable Y Alcantarillado De San Martín.
  - Municipalidad Distrital De San Hilarión.

##### 3.1.2 RECURSOS MATERIALES

- a) **Libreta de campo:** Se utilizó es recurso para escribir y dibujar las observaciones hechas en campo, bosquejos, mapas o esquemas a mano alzada sobre la investigación en cuestión.
- b) **Lápiz HB.** Para hacer todas las notaciones o dibujos observados en campo.
- c) **Pintura:** para los BMs, para el replanteo del levantamiento topográfico.
- d) **Agua:** Para realizar el ensayo de pruebas de jarras.
- e) **Sulfato de aluminio:** Para realizar el ensayo de pruebas de jarras.
- f) **Polímero:** Para realizar el ensayo de pruebas de jarras.

##### 3.1.3 RECURSOS DE EQUIPOS

- a) **Estación total:** Para el levantamiento topográfico del área donde se realizara el proyecto de investigación.
- b) **Prisma:** Parte del equipo topográfico.
- c) **Equipo de pruebas de jarras:** Para realizar la simulación del proceso de potabilización de agua.
- d) **Turbidímetro nefelométrico:** Se utilizó en la medida de la turbidez inicial y final después del ensayo de pruebas de jarras (simulación del proceso de potabilización de agua).

**Medidor de pH:** Se utilizó en la medida del pH de la muestra (agua)

- e) **Equipo portátil para la determinación de Coliformes totales y termotolerantes por el método de membranas:** Se utilizó para realizar el análisis bacteriológico de la muestra (agua rio Huallaga)
- f) **Computadora:** Para la elaboración del presente estudio en el área de gabinete.
- g) **Impresora:** Para impresión de los documentos que conforman el presente estudio.

#### **3.1.4 OTROS RECURSOS**

En la elaboración del presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos de gabinete:

- a) Material Bibliográfico: Libros de especialidad (CEPIS) referente al tema.
- b) Cámara fotográfica.
- c) Material de escritorio: CD-R, papel A-4, impresora, etc.
- d) Plotter: HP 100 series.

### **3.2 METODOLOGIA**

#### **3.2.1 UNIVERSO, MUESTRA Y POBLACION**

##### **3.2.1.1 UNIVERSO.**

Está conformado por las fuentes de agua del tipo superficial y subterránea, las cuales deben asegurar la cantidad y en lo posible calidad que requiera el sistema de abastecimiento.

##### **3.2.1.2 MUESTRA.**

Representa la fuente superficial de agua del rio Huallaga, agua que será sometida a los procesos de tratamiento para el consumo humano.

##### **3.2.1.3 POBLACION.**

Está conformada por las fuentes superficiales de agua, que cuenten con la cantidad y la calidad que requiera el sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de San Cristóbal de Sisa.

#### **3.2.2 SISTEMA DE VARIABLES**

##### **3.2.2.1 VARIABLES INDEPENDIENTES.**

El Diseño hidráulico de la planta de tratamiento de filtración rápida en la localidad de San Cristóbal de Sisa.

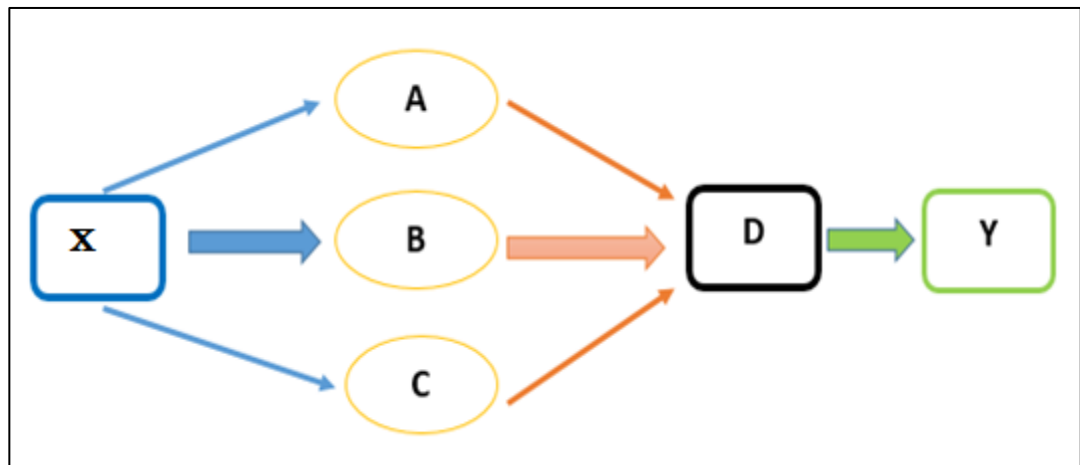
### 3.2.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE.

Permite contar con el suministro de agua para consumo humano cumpliendo con los requisitos establecidos en el reglamento Nacional de calidad.

### 3.2.2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACION

La presente investigación se realizara en gabinete y en campo.

El diseño de investigación tiene el siguiente esquema:



**X: Situación inicial problemática que requiere la intervención de estudio.**

A: Aplicación teórica para el diseño de una planta de tratamiento de agua potable.

B: Aplicación de trabajos de ensayos de pruebas en laboratorio.

C: Estudios adicionales para complementar la información

D: Estudios de compatibilidad de alternativas que respaldaran la toma de decisiones para definir el mejor sistema de solución.

**Y: Resultado de la investigación que presenta la validación de la hipótesis enunciada, el suministro de agua para consumo humano cumpliendo con los requisitos establecidos en el reglamento Nacional de calidad al sistema existente.**

### 3.2.3 DISEÑO DE INSTRUMENTOS

#### 3.2.3.1 Fuentes Técnicas e Instrumentos de Selección de Datos.

En cuanto a los instrumentos de selección de datos no existe un instrumento específico dado que la investigación no es experimental, pero si la utilización de equipos de laboratorio y tomas de datos referenciales respecto a la caracterización del agua.



a) Fuentes Técnicas:

- Asesoramiento Profesional especializado.
- Ensayos de laboratorio.
- Información de textos.

b) Fuentes Informantes:

- Municipalidad Distrital de San Hilarión.
- Empresa Municipal de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de San Martín.

### 3.2.3.2 Técnicas Estadísticas

Se plantea una investigación del tipo:

- a) Descriptivo – Aplicativo, busca conocer, actuar y modificar una realidad problemática.
- b) Diseño experimental.

## 3.2.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

### 3.2.4.1 Ensayos Preliminares

El estudio considera la tecnología de tratamiento (CEPIS) seleccionada debido a las características de la fuente (río Huallaga). El diseño de la planta de tratamiento de agua potable contará con los procesos de sedimentación, mezcla rápida, floculación hidráulica, decantación acelerada con placas inclinadas, filtración rápida con tasa declinante y auto lavado y desinfección.

**A. Captación:** Se captará agua superficial del río Huallaga mediante un pontón metálico flotante, que en su interior se instalará electrobombas para uso alternado estas funcionarán 24 horas de bombeo al día, funcionando alternadamente las electrobombas 12 horas al día cada una.

**B. Casa Química:** La casa de química o edificio de operaciones será el ambiente de la planta en la cual se concentrarán todas las instalaciones para el manejo de las sustancias químicas (Sulfato de Aluminio, Polímeros). Comprende básicamente las instalaciones de almacenamiento, dosificación y laboratorios de control de los procesos de la planta.

**C. Sedimentador:** La masa de agua proveniente de la captación ingresará al Sedimentador del tipo de flujo horizontal con la finalidad de reducir la turbidez del agua (Sedimentación natural) para ingresar por gravedad al canal de mezcla tipo rampa.

**D. Canal De Mezcla Tipo Rampa:** El canal de mezcla tipo rampa tiene como objetivo la dispersión instantánea del coagulante en toda la masa de agua que se va a tratar. Esta dispersión será lo más homogénea posible, con el objeto de desestabilizar todas las partículas presentes en el agua y optimizar el proceso de coagulación.

La coagulación es el proceso más importante en la planta de filtración rápida; de ella depende la eficiencia de todo el sistema.

No importa si los demás procesos siguientes sean muy eficientes; si la coagulación es defectuosa, la eficiencia final del sistema es baja.

**E. Floculador:** Una vez que se ha realizado el proceso de mezcla rápida (Coagulante), el siguiente paso del agua es ingresar instantáneamente al floculador de tres tramos para proporcionar a la masa de agua coagulada una agitación lenta aplicando velocidades decrecientes (03 tramos), para promover el crecimiento de los flóculos y su conservación, hasta que la suspensión de agua y flóculos salga de la unidad. De esta unidad el agua pasa a los decantadores laminares con placas a través de un canal de sección variable que entrega velocidades diferenciales a cada una de las unidades de decantación.

**F. Decantador Laminare Con Placas:** Contará con unidades de sedimentación acelerada con placas inclinadas de fibra de vidrio que aseguran un flujo laminar con  $N^o$  de Reynolds menor de 250, lográndose alcanzar cargas superficiales en función del área efectivamente cubierta por placas que oscilan entre 180-240  $m^3/m^2/d$  con lo que se logra períodos de retención menores de 15 minutos.

**G. Batería De Filtros De Tasa Declinante Y Lavado Mutuo.** Las unidades de filtración serán tipo filtro rápido con lechos de arena de flujo descendente que trabajaran con tasas de 235 a 600  $m^3/m^2/d$  de velocidad declinante y lavado con flujo proveniente de unidades en funcionamiento. Su correcta concepción depende de la interrelación que exista entre las características de la suspensión afluente y los rasgos del medio filtrante, para que predominen los mecanismos de filtración apropiados que darán como resultado la máxima eficiencia posible.

**H. Sala De Cloración.** Después de los filtros se construirá una cámara de contacto en donde se aplicará el cloro como desinfectante. La remoción de bacterias es directamente proporcional a la remoción de turbiedad, es de esperarse que con el aglutinamiento

progresivo de partículas en suspensión tanto las bacterias como los virus queden incorporados en los flocs y precipiten con él.

### **3.2.4.2 Diseño De Estructuras**

#### **3.2.4.2.1 Cálculo De Parámetros Necesarios Para El Diseño.**

En la tabla que figura a continuación, se muestran algunos datos recogidos en el INEI como población, tasa de crecimiento demográfico, los cuales pertenecen al censo del 2005. Todos estos datos fueron usados para calcular el caudal de diseño, que se considera para un horizonte de 20 años.

##### **3.2.4.2.1.1 Población Futura.**

Existen numerosos modelos matemáticos, que nos permiten estimar la población futura, entre ellos destacan: el método aritmético, el método geométrico, el método proporcional, el método logístico o curva en s, el método comparativo y el método de la tasa decreciente del crecimiento. Según el reglamento nacional de edificaciones, Norma OS.100 “Consideraciones Básicas De Diseño De Infraestructura Sanitaria”, recomienda utilizar el método geométrico para zonas urbanas, y la localidad de San Cristóbal de Sisa por ser una zona urbana se elige este método para calcular la población futura con un horizonte de 20 años.

$$P_f = P_a * \left( 1 + \frac{r}{100} \right)^t$$

P<sub>f</sub> : Población futura

P<sub>a</sub> : Población actual

r : Tasa de crecimiento poblacional porcentual anual

t : Periodo de diseño

De acuerdo a la ubicación del proyecto y a sus condiciones, se tiene los siguientes datos:

- Población actual total beneficiada (P<sub>a</sub>): 4191 hab.
- Número de viviendas beneficiadas en el año actual (N): 841 Viv.
- Número de Hab. por Vivienda promedio (U): 4.98 hab/Viv
- Tasa de crecimiento distrital de San Hilarión, según el INEI es de: 3.87% geométrica.

Reemplazando datos en la ecuación del Método Geométrico, se presentan los resultados en el siguiente cuadro:

AÑO		PROYECCION POBLACIONAL	PROYECCION VIVIENDAS
00	2,016	4,191	841.00
01	2,017	4,353	874.00
02	2,018	4,522	908.00
03	2,019	4,697	943.00
04	2,020	4,878	980.00
05	2,021	5,067	1018.00
06	2,022	5,263	1057.00
07	2,023	5,467	1098.00
08	2,024	5,679	1140.00
09	2,025	5,898	1184.00
10	2,026	6,127	1230.00
11	2,027	6,364	1278.00
12	2,028	6,610	1327.00
13	2,029	6,866	1379.00
14	2,030	7,131	1432.00
15	2,031	7,407	1487.00
16	2,032	7,694	1545.00
17	2,033	7,992	1605.00
18	2,034	8,301	1667.00
19	2,035	8,622	1731.00
20	2,036	8,956	1798.00

De los resultados se obtiene una población futura de 8956 hab. para una proyección de 20 años.

#### 3.2.4.2.1.2 Calculo De La Dotación.

Para la determinación de la dotación se ha tomado lo establecido Según el reglamento nacional de edificaciones, Norma OS.100 “Consideraciones Básicas De Diseño De Infraestructura Sanitaria”, menciona que se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 180 l/hab/d, en clima frío y de 220 l/hab/d en clima templado y cálido.

Por tal motivo al ubicarse la localidad de San Cristóbal en un clima cálido se asume la dotación de 220 l/hab/d.

#### 3.2.4.2.1.3 Calculo Del Caudal De Diseño.

##### ✓ Consumo Promedio Diario Anual ( $Q_p$ )

El consumo promedio diario anual se define como el resultado de una estimación del consumo per cápita para la población futura del período de diseño, expresada en litros por segundo (l/s) y se determina mediante la siguiente relación:

$$Qp = \frac{Pf * Dot}{86400}$$

Donde:

$Q_p$  = Consumo Promedio Diario Anual (l/s)

$P_f$  = Población Futura (habitantes)

$Dot$  = Dotación (l/hab/día)

Considerando una dotación diaria de 220 l/hab/día, Según el reglamento nacional de edificaciones, Norma OS.100 “Consideraciones Básicas De Diseño De Infraestructura Sanitaria”.

$$Qp = \frac{8956 * 220}{86400}$$

$$Qp = 22.80 \text{ L/seg}$$

#### ✓ Consumo Máxima Diario (Qmd.)

El consumo máxima diario se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año.

Para encontrar el consumo máximo diario, multiplicamos el consumo promedio diario anual ( $Q_p$ ) por el coeficiente de variación de consumo  $K_1 = 1.30$

$$Qmd = 1.30x Qp$$

$$Qmd = 1.30x 22.80$$

$$Qmd = 29.64 \text{ l/seg}$$

### 3.2.4.2.2 Diseño Hidráulico De Planta De Tratamiento

#### 3.2.4.2.2.1 Captación Pontón Flotante

A. Caudal De Diseño De La Planta (  $Q_{md}$  )

$$Qmd = 29.64 \text{ l/seg}$$

B. Número de horas de bombeo (  $N$  )

$$N = 24 \text{ horas}$$

C. Caudal De Bombeo (  $Q_b$  )

$$Qb = \frac{Qmd * 24}{N}$$

$$Qb = \frac{29.64 * 24}{24}$$

$$Qb = 29.64 \text{ L/seg}$$

D. Cota de Llegada ( CII)

$$CII = 236.75 \text{ m.s.n.m}$$

E. Cota de Salida ( Csa)

$$Csa = 222.45 \text{ m.s.n.m}$$

F. Altura estática ( HT)

$$Ht = CII - Csa$$

$$Ht = 236.75 - 222.45$$

$$Ht = 14.30 \text{ m}$$

G. Longitud de la tubería ( L)

$$L = 150 \text{ m}$$

H. Diámetro ( Ø )

$$\varnothing = 06 \text{ plg}$$

I. Área ( A )

$$Ao = \frac{\sigma * d^2}{4}$$

$$Ao = \frac{3.1415 * (\frac{6 * 2.54}{100})^2}{4}$$

$$Ao = 0.018 \text{ m}^2$$

J. Velocidad ( V ) , 1.20 m/seg < V < 2.00 m/seg

$$V = \frac{Qmd}{Ao}$$

$$V = \frac{(\frac{29.64}{1000})}{0.018}$$

$$V = 1.63 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \dots OK$$

K. Perdida de carga por fricción ( hf )

$$hf = L * (\frac{Qmd}{0.2785 * C * d^{2.63}})^{1.85}$$

$$hf = 150 * (\frac{(\frac{29.64}{1000})}{0.2785 * 130 * (6 * 0.0254)^{2.63}})^{1.85}$$

$$hf = 2.40 \text{ m}$$

L. Perdida de carga por accesorios ( hKT)

- Codo 90°, Cant.(N) = 11 Und, k= 0.40, D= 160 mm

Velocidad:

$$V = \frac{Qmd}{\frac{\sigma * d^2}{4}}$$

$$V = \frac{\left(\frac{29.64}{1000}\right)}{\frac{3.14 * \left(\frac{152.4}{1000}\right)^2}{4}}$$

$$V = 1.63 \text{ m/seg}$$

Perdida de carga

$$hk1 = \frac{N * K * V^2}{2 * g}$$

$$hk1 = \frac{11 * 0.4 * 1.63^2}{2 * 9.81}$$

$$\mathbf{hk1 = 0.60 \text{ m}}$$

- Codo 45°, Cant.(N) = 01 Und, k= 0.24, D= 160 mm

Velocidad:

$$V = \frac{Qmd}{\frac{\sigma * d^2}{4}}$$

$$V = \frac{\left(\frac{29.64}{1000}\right)}{\frac{3.14 * \left(\frac{152.4}{1000}\right)^2}{4}}$$

$$V = 1.63 \text{ m/seg}$$

Perdida de carga

$$hk2 = \frac{N * K * V^2}{2 * g}$$

$$hk2 = \frac{1 * 0.24 * 1.63^2}{2 * 9.81}$$

$$\mathbf{hk2 = 0.03 \text{ m}}$$

- Valvula check, Cant.(N) = 01 Und, k= 1.50, D= 100 mm

Velocidad:

$$V = \frac{Qmd}{\frac{\sigma * d^2}{4}}$$

$$V = \frac{\left(\frac{29.64}{1000}\right)}{\frac{3.14 * \left(\frac{100}{1000}\right)^2}{4}}$$

$$V = 3.78 \text{ m/seg}$$

Perdida de carga

$$hk3 = \frac{N * K * V^2}{2 * g}$$

$$hk3 = \frac{1 * 1.50 * 3.78^2}{2 * 9.81}$$

$$hk3 = 1.09 \text{ m}$$

- Reducción , Cant.(N) = 02 Und, k= 0.30 , D= 100 mm

Velocidad:

$$V = \frac{\left(\frac{29.64}{1000}\right)}{\frac{3.14 * \left(\frac{100}{1000}\right)^2}{4}}$$

$$V = 3.78 \text{ m/seg}$$

Perdida de carga

$$hk4 = \frac{N * K * V^2}{2 * g}$$

$$hk4 = \frac{2 * 0.3 * 3.78^2}{2 * 9.81}$$

$$hk4 = 0.44 \text{ m}$$

- Válvula compuerta , Cant.(N) = 01 Und, k= 1.00 , D= 100 mm

Velocidad:

$$V = \frac{Qmd}{\frac{\sigma * d^2}{4}}$$



$$V = \frac{\left(\frac{29.64}{1000}\right)}{\frac{3.14 * \left(\frac{100}{1000}\right)^2}{4}}$$

$$V = 3.78 \text{ m/seg}$$

Perdida de carga

$$hk5 = \frac{N * K * V^2}{2 * g}$$

$$hk5 = \frac{1 * 1 * 3.78^2}{2 * 9.81}$$

$$hk5 = 0.73 \text{ m}$$

- Tees , Cant.(N) = 01 Und, k= 1.00 , D= 160 mm

Velocidad:

$$V = \frac{Qmd}{\frac{\sigma * d^2}{4}}$$

$$V = \frac{\left(\frac{29.64}{1000}\right)}{\frac{3.14 * \left(\frac{152.4}{1000}\right)^2}{4}}$$

$$V = 1.63 \text{ m/seg}$$

Perdida de carga

$$hk6 = \frac{N * K * V^2}{2 * g}$$

$$hk6 = \frac{4 * 0.90 * 1.63^2}{2 * 9.81}$$

$$hk6 = 0.48 \text{ m}$$

$$hkT = hk1 + hk2 + hk3 + hk4 + hk5 + hk6$$

$$hkT = 0.59 + 0.03 + 1.09 + 0.44 + 0.73 + 0.48$$

$$hkT = 3.36 \text{ m}$$

M. Perdida de carga Total ( hT )

$$hT = hf + hkT$$

$$hT = 2.40 + 3.36$$

$$hT = 5.77 \text{ m}$$

N. Presión de salida ( Ps )

$$Ps = 2.50 \text{ m}$$

O. Altura dinámica total ( Hdt )

$$Hdt = h_e + h_T + P_s$$

$$Hdt = 14.30 + 5.77 + 2.50$$

$$\mathbf{Hdt = 22.57\ m}$$

P. Peso específico del agua (  $\rho$  )

$$\mathbf{\rho = 1000\ kg/m^3}$$

Q. Potencia de la bomba (P)

$$P = \frac{\rho * Q_{md} * Hdt}{75 * e}$$

$$P = \frac{1000 * (\frac{29.64}{1000}) * 22.57}{75 * 0.75}$$

$$P = 11.90\ HP$$

$$\mathbf{P = 12\ HP \ ... Elegimos}$$

### 3.2.4.2.2.2 Calculo Del Sedimentador De Flujo Horizontal

La unidad de tratamiento se diseñara con los parámetros obtenidos en el laboratorio (Ensayo de prueba de jarras).

**Datos:** Tiempo de retención (T):  $T > 180\ min$

#### A. Dimensionamiento De La Unidad

✓ Caudal De Diseño De La Planta (  $Q_{md}$  )

$$\mathbf{Q_{md} = 29.64\ l/seg}$$

✓ Número De Naves (N)

$$\mathbf{N = 2\ Und.}$$

✓ Caudal De Diseño Por Nave (  $q_u$  )

$$q_u = \frac{Q_{md}}{N}$$

$$q_u = \frac{29.64}{2}$$

$$\mathbf{q_u = 14.82\ L/seg}$$

✓ Tasa De Desbordamiento (R),  $10 < R < 15$ .

$$R = 14.40\ m^3/m^2 \times día$$

✓ Velocidad De Sedimentación (  $V_s$  )

$$V_s = \frac{R}{36 * 24}$$

$$V_s = \frac{14.40}{36 * 24}$$

$$V_s = \mathbf{0.017 \text{ cm/seg}}$$

- ✓ Área Superficial De La Unidad ( As)

$$A_s = \frac{86.4 * q_u}{R}$$

$$A_s = \frac{86.4 * 14.82}{14.40}$$

$$A_s = \mathbf{88.90 \text{ m}^2}$$

- ✓ Ancho De La Unidad ( B)

$$B = \mathbf{4 \text{ m}}$$

- ✓ Distancia Entre Cortina Y Pared De Entrada (L1).  $0.60\text{m} < L_1 < 1.00 \text{ m}$

$$L_1 = \mathbf{0.80 \text{ m}}$$

- ✓ Longitud De La Zona De Sedimentación (L<sub>2</sub>)

$$L_2 = \frac{A_s}{B}$$

$$L_2 = \frac{88.90}{4.00}$$

$$L_2 = \mathbf{22.20 \text{ m}}$$

- ✓ Longitud Total De La Unidad (L)

$$L = L_1 + L_2$$

$$L = 0.80 + 22.20$$

$$L = \mathbf{23.00 \text{ m}}$$

- ✓ Relación Largo/Ancho de la unidad (L/B)

$$3.00 \text{ m} < L/B < 6.00 \text{ m}$$

$$\frac{L}{B} = \frac{23.00 \text{ m}}{4.00 \text{ m}}$$

$$\frac{L}{B} = \mathbf{5.75}$$

- ✓ Altura Mínima De La Unidad (h1)

$$1.50 \text{ m} < h_1 < 2.50 \text{ m}$$

$$h_1 = \mathbf{1.70 \text{ m}}$$

- ✓ Relación Largo/ Alto De La Unidad (L/h1)

$$5.00 \text{ m} < L / h1 < 20.0 \text{ m}$$

$$\frac{L}{h1} = \frac{23.00}{1.70}$$

$$\frac{L}{h1} = 13.50 \text{ m}$$

## B. Comportamiento Hidráulico De La Unidad

- ✓ Velocidad Horizontal Del Agua En La Unidad (VH)

$$0.55 > VH$$

$$VH = \frac{qu}{10 * B * h1}$$

$$VH = \frac{14.83}{10 * 4 * 1.70}$$

$$VH = 0.22 \text{ cm/seg}$$

- ✓ Tiempo De Retención Del Agua En La Unidad (TO)

$$3.00 \text{ horas} < TO$$

$$To = \frac{As * h1}{3.6 * qu}$$

$$To = \frac{85.41 * 1.70}{3.6 * 14.83}$$

$$To = 2.90 \text{ Horas}$$

- ✓ Pendiente Para El Fondo De La Unidad (S %)

$$5 \% < S < 10\%$$

$$S = 7.5\%$$

- ✓ Altura Máxima De La Unidad (tolva de lodos) (H)

$$H = h1 + (L2 * S)$$

$$H = 1.70 + (21.20 * 0.065)$$

$$H = 3.05 \text{ m}$$

- ✓ Longitud Del Vertedero De Salida De La Unidad (L3)

$$L3 = 4.00 \text{ m}$$

**a. Diseño De La Cortina De Distribución De Flujo**

- ✓ Velocidad Del Agua En Los Orificios ( $V_o$ ),  $0.10 < V_o < 0.15$ .

$$V_o = 0.15 \text{ m/seg}$$

- ✓ Área De Orificios ( $A_{To}$ )

$$A_{To} = \frac{q_u}{1000 * V_o}$$

$$A_{To} = \frac{14.83}{1000 * 0.15}$$

$$A_{To} = \frac{14.83}{1000 * 0.15}$$

$$A_{To} = 0.10 \text{ m}^2$$

- ✓ Diámetro De Cada Orificios ( $d_o$ )

$$d_o = 1 \frac{1}{2} \text{ pulg}$$

- ✓ Área De Cada Orificios ( $A_o$ )

$$A_o = 0.0008 \text{ m}^2$$

- ✓ Numero De Orificios Calculado ( $n_o$ )

$$n_o = \frac{A_{To}}{A_o}$$

$$n_o = \frac{0.10}{0.0008}$$

$$n_o = 130 \text{ und.}$$

- ✓ Número De Orificios Adoptados

$$n_o' = 140 \text{ und.}$$

**3.2.4.2.2.3 Diseño De Casa Química**

**A. Dimensionamiento Del Área De Almacén De Coagulante**

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta (  $Q_{md}$  )

$$Q_{md} = 29.64 \text{ l/seg}$$

$$Q_{md} = 2560.90 \text{ m}^3/\text{dia}$$

- ✓ Dosis máxima de coagulante (  $D_{max}$  )

$$D_{max} = 30 \text{ mg/L}$$

- ✓ Dosis mínima de coagulante (  $D_{min}$  )

$$D_{min} = 25 \text{ mg/L}$$

- ✓ Dosis promedia de coagulante (  $D_p$  )

$$D_p = \frac{D_{\max.} + D_{\min}}{2}$$

$$D_p = \frac{30 + 25}{2}$$

$$D_p = 27.50 \text{ mg/L}$$

- ✓ Densidad del coagulante (  $\delta$  )

$$\delta = 964 \text{ Kg/m}^3$$

- ✓ Tiempo de almacén ( T )

$$T = 90 \text{ dias}$$

- ✓ Volumen de almacenamiento requerido ( V )

$$V = \frac{D_p * Q_{md} * T}{\delta * 1000}$$

$$V = \frac{27.50 * 2560.90 * 90}{964 * 1000}$$

$$V = 6.60 \text{ m}^3$$

- ✓ Altura del almacén ( H )

$$H = 1.80 \text{ m}$$

- ✓ Área neta de almacenamiento ( A )

$$A = \frac{V}{H}$$

$$A = \frac{6.60}{1.80}$$

$$A = 3.67 \text{ m}^2$$

- ✓ Numero de rumas o pila ( N )

$$N = 3.00$$

- ✓ Ancho de las rumas o pila ( B )

$$B = 1.80$$

- ✓ Largo de las rumas o pila ( L )

$$L = \frac{A}{N * B}$$

$$L = \frac{3.67}{3 * 1.80}$$

$$L = 0.68 \text{ m}$$

- ✓ Ancho de pasadizo longitudinal ( P1 )

$$P1 = 1.00 \text{ m}$$

- ✓ Ancho de pasadizo transversal ( P2 )

$$P2 = 1.50 \text{ m}$$

- ✓ Ancho total del almacén (AL)

$$AL = N * B + N * P1$$

$$AL = 3 * 1.80 + 3 * 1.00$$

$$AL = 9.40 \text{ m}$$

- ✓ Largo total del almacén (LL)

$$LL = L + 2 * P2$$

$$LL = 0.68 \text{ m} + 2 * 1.50$$

$$LL = 3.70 \text{ m}$$

## B. Cálculo de un sistema de dosificación en solución

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta ( Qmd)

$$**Qmd = 29.64 \text{ l/seg}**$$

- ✓ Dosis máxima de coagulante ( Dmax)

$$**Dmax = 30 \text{ mg/L}**$$

- ✓ Dosis mínima de coagulante ( Dmin)

$$**Dmin = 25 \text{ mg/L}**$$

- ✓ Dosis promedia de coagulante ( Dp)

$$**Dp = \frac{Dmax. + Dmin}{2}**$$

$$**Dp = \frac{30 + 25}{2}**$$

$$**Dp = 27.50 \text{ mg/L}**$$

- ✓ Concentración de la solución (C)

$$**C = 1.50 \%**$$

- ✓ Concentración de la solución (C)

$$**C = 15000.00 \text{ mg/L}**$$

- ✓ Caudal de solución promedio C= 1.50 % ( q)

$$**q = \frac{Dp * Qmd}{C}**$$

$$**q = \frac{27.5 * 29.64}{15000}**$$

$$**q = 0.05 \text{ L/seg}**$$

$$**q = 4.69 \text{ m}^3/\text{seg}**$$

- ✓ Tiempo de funcionamiento del tanque de solución (T)

$$T = 8.0 \text{ horas}$$

- ✓ Volumen del tanque de solución  $C = 1.50 \% (V)$

$$V = \frac{q * T}{24}$$

$$V = \frac{4.69 * 8}{24}$$

$$V = 1.55 \text{ m}^3$$

- ✓ Consumo promedio diario ( P )

$$P = Dp * Qmd$$

$$P = 27.5 * 29.64$$

$$P = 815.10 \text{ mg/seg}$$

$$P = 73.05 \text{ kg/dia}$$

- ✓ Consumo por tanque ( Po )

$$Po = \frac{P * T}{24}$$

$$Po = \frac{73.05 * 8}{24}$$

$$Po = 24.05 \text{ Kg}$$

- ✓ Peso de cada bolsa de sulfato de aluminio ( Pbs )

$$Pbs = 50 \text{ Kg}$$

- ✓ Numero de bolsas por tanque ( N° bls )

$$N^{\circ} \text{ bls} = \frac{Po}{Pbs}$$

$$N^{\circ} \text{ bls} = 24.35/50$$

$$N^{\circ} \text{ bls} = 0.49 \text{ bls}$$

- ✓ Caudal máximo a dosificar ( qM )

$$qM = (Qmd * Dp)/C$$

$$qM = (29.64 * 27.50)/15000$$

$$qM = 0.06 \text{ l/seg}$$

#### C. Cálculo del difusor y tubería

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta ( Qmd )

$$Qmd = 29.64 \text{ l/seg}$$

- ✓ Dosis máxima de coagulante ( Dmax )

$$Dmax = 30 \text{ mg/L}$$

- ✓ Dosis mínima de coagulante ( Dmin )



$$D_{\min} = 25 \text{ mg/L}$$

- ✓ Dosis promedio de coagulante (  $D_p$  )

$$D_p = \frac{D_{\max.} + D_{\min}}{2}$$

$$D_p = \frac{30 + 25}{2}$$

$$D_p = 27.50 \text{ mg/L}$$

- ✓ Concentración de la solución (  $C$  )

$$C = 1.50 \%$$

- ✓ Caudal de solución promedio  $C = 1.50 \%$  (  $q$  )

$$q = \frac{D_p * Q_{md}}{C}$$

$$q = \frac{27.5 * 29.64}{15000}$$

$$q = 0.054 \text{ L/seg}$$

$$q = 4.69 \text{ m}^3/\text{seg}$$

- ✓ Ancho del canal de mezcla rápido (  $A$  )

$$A = 0.45 \text{ m}$$

- ✓ Espaciamiento entre orificios (  $e$  )

$$e = 5 \text{ cm}$$

- ✓ Numero de orificios (  $N$  )

$$N = A/e$$

$$N = \frac{0.45}{0.05} + 1$$

$$N = 10 \text{ und}$$

- ✓ Numero de orificios (  $N$  )

$$N = A/e$$

$$N = \frac{0.45}{0.05} + 1$$

$$N = 10 \text{ und}$$

- ✓ Diámetro de los orificios (  $d$  )

$$d = 3.00 \text{ mm}$$

- ✓ Sección de los orificios (  $A_o$  )

$$A_o = \frac{\sigma * d^2}{4}$$

$$A_o = \frac{3.14 * (\frac{3}{1000})^2}{4}$$

$$A_o = 7.03 * 10^{-6}$$

- ✓ Velocidad en de los orificios ( Vo)

$$V_o = \frac{q}{N^o * A_o}$$

$$V_o = \frac{\frac{0.054}{1000}}{10 * 7.03 * 10^{-6}}$$

$$V_o = 0.78 \text{ m/seg}$$

- ✓ Velocidad en la tubería del difusor ( Vf)

$$V_f = 1.70 \text{ m/seg}$$

- ✓ Diámetro de la tubería de difusor ( df)

$$df = \sqrt{\frac{4 * q}{3.14 * V_f}}$$

$$df = \sqrt{\frac{4 * (\frac{0.054}{1000})}{3.14 * 1.70}}$$

$$df = \frac{1}{4} \text{ pulg}$$

#### 3.2.4.2.2.4 Calculo Del Canal De Mezcla Tipo Rampa

La unidad de tratamiento se diseñara con los parámetros obtenidos en el laboratorio (Ensayo de prueba de jarras).

Datos: Tiempo de mezcla rápido (T): T < 5 seg.

Gradiente de velocidad (G): 1100 s<sup>-1</sup>

Caudal De Diseño De La Planta ( Q<sub>md</sub>)

$$Q_{md} = 29.64 \text{ l/seg}$$

$$Q_{md} = 0.02964 \text{ m}^3/\text{seg}$$

- A. Ancho Del Canal ( B )

$$B = 0.45 \text{ m}$$

- B. Caudal Unitario ( qu )

$$qu = \frac{Q_{md}}{B}$$

$$q_u = \frac{0.0296}{0.45}$$

$$q_u = 0.066 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

C. Longitud Del Plano ( X )

$$X = 1.00 \text{ m}$$

D. Altura De La Rampa (Eo)

$$E_o = 0.45 \text{ m}$$

E. Pendiente Del Plano Inclinado (Θ)

$$\theta = \text{Arc tg} (E_o/X)$$

$$\theta = \text{Arc tg} (0.45/1.00)$$

$$\theta = 24.23^\circ$$

F. Numero De Froude (F)

$$4.50 < F < 9.00$$

$$F = 7.10$$

G. Factor De Resolución De La Ecuación (ϕ)

$$K = \cos(\theta) * (F + \left(\frac{\cos(\theta)}{2 * F}\right))$$

$$K = \cos(24.23^\circ) * (7.1 + \left(\frac{\cos(24.23^\circ)}{2 * 7.1}\right))$$

$$K = 6.53$$

$$\phi = \cos^{-1}\left(\frac{F^2}{\left(\frac{2}{3 * F * K}\right)^{\frac{3}{2}}}\right)$$

$$\phi = \cos^{-1}\left(\frac{7.1^2}{\left(\frac{2}{3 * 7.1 * 6.53}\right)^{\frac{3}{2}}}\right)$$

$$\phi = 72.96^\circ$$

H. Relación De Alturas Antes Y Después Del Resalto (a)

$$a = \frac{d_2}{d_1}$$

$$a = (8 * F * K/3)^{0.5} * \cos\left(\frac{\phi}{3}\right)$$

$$a = (8 * 7.1 * 6.53/3)^{0.5} * \cos\left(\frac{72.96}{3}\right)$$

$$a = 10.14$$

I. Altura Antes De Resalto ( $d_1$ )

$$d_1 = \sqrt[3]{qu^2/g * F^2}$$

$$d_1 = \sqrt[3]{0.0658^2/9.81 * 7.1^2}$$

$$d_1 = 0.021 \text{ m}$$

J. Profundidad Antes Del Resalto ( $h_1$ )

$$h_1 = \frac{d_1}{\cos \theta}$$

$$h_1 = \frac{0.021}{\cos 24.23}$$

$$h_1 = 0.023 \text{ m}$$

K. Velocidad Al Inicio Del Resalto ( $V_1$ )

$$V_1 = \frac{qu}{h_1}$$

$$V_1 = \frac{0.0658}{0.023}$$

$$V_1 = 2.91 \text{ m/seg}$$

L. Profundidad Después Del Resalto ( $h_2$ )

$$h_2 = d_2 = a * d_1$$

$$h_2 = 10.14 * 0.021$$

$$h_2 = 0.21 \text{ m}$$

M. Longitud Después Del Resalto ( $L$ )

$$L = 6 (h_2 - h_1)$$

$$L = 6 (0.210 - 0.023)$$

$$L = 1.15 \text{ m}$$

N. Perdida De Carga ( $h_p$ )

$$h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_1 * h_2}$$

$$h_p = \frac{(0.210 - 0.023)^3}{4 * 0.023 * 0.210}$$

$$h_p = 0.34 \text{ m}$$

O. Volumen De Resalto ( $V$ )

$$V = \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right) * L * B$$

$$V = \left( \frac{0.023 + 0.210}{2} \right) * 1.15 * 0.45$$

$$V = 0.06 \text{ m}^3$$

P. Gradiente De Velocidad (G)  $700 < G < 1300$

$$G = \sqrt{\frac{y}{\mu}} * \sqrt{Qmd * hp / \nabla}$$

De la tabla N° 03, Temperatura del agua 20 C°

$$\sqrt{\frac{y}{\mu}} = 3114.64$$

$$G = 3114.64 * \sqrt{0.0296 * \frac{34}{0.06}}$$

$$G = 1259 \text{ S}^{-1} \dots \text{CUMPLE CON EL ENSAYO DE LABORATORIO OK}$$

Q. Tiempo De Mezcla Rápida ( T )

$$T = \nabla / Qmd$$

$$T = 0.06 / 0.0296$$

$$T = 0.06 / 0.0296$$

$$T = 2.00 \text{ seg.} \dots \text{CUMPLE CON EL ENSAYO DE LABORATORIO OK}$$

R. Grada al final del resalto (h)

$$h = \frac{h^2}{6}$$

$$h = \frac{0.21}{6}$$

$$h = 5 \text{ cm}$$

S. Numero De Froude ( F, comprobación)

$$F = V1 / \sqrt{g * h1}$$

$$F = 2.91 / \sqrt{9.8 * 0.023}$$

$$F = 6.18$$

T. Comprobación De Energía ( Ho )

$$Ho = \sqrt[3]{\left(\frac{Qmd}{1.84 * B}\right)^2}$$

$$Ho = \sqrt[3]{\left(\frac{0.02964}{1.84 * 0.45}\right)^2}$$

$$Ho = 0.10 \text{ m}$$

$$Eo + ho = 0.45 + 0.10 \text{ m}$$

$$Eo + ho = 0.55 \text{ m}$$

$$h_p + h_2 = 0.34 + 0.21 \text{ m}$$

$$h_p + h_2 = 0.55 \text{ m}$$

$$E_o + h_o - h_p + h_2 = 0.00$$

$$0.55 - 0.55 = 0.00 \dots \dots OK$$

### 3.2.4.2.2.5 Calculo Del Floculador Hidráulico De Flujo Horizontal

La unidad de tratamiento se diseñara con los parámetros obtenidos en el laboratorio (Ensayo de prueba de jarras).

#### Datos:

#### Primer tramo:

Tiempo de retención (T): 7.00 min

Gradiente de velocidad (G): 74.00 s<sup>-1</sup>

#### Segundo tramo:

Tiempo de retención (T): 7.00 min

Gradiente de velocidad (G): 55.00 s<sup>-1</sup>

#### Tercer tramo:

Tiempo de retención (T): 7.00 min

Gradiente de velocidad (G): 36.00 s<sup>-1</sup>

#### A. Caudal De Diseño De La Planta ( $Q_{md}$ )

$$Q_{md} = 29.64 \text{ l/seg}$$

#### B. Tiempo De Retención ( T )

##### Primer tramo

$$T_1 = 7.00 \text{ min (Laboratorio)}$$

##### Segundo tramo

$$T_2 = 7.00 \text{ min (Laboratorio)}$$

##### Tercer tramo

$$T_3 = 7.00 \text{ min (Laboratorio)}$$

#### C. Velocidad En El Tramo ( V ) ; $0.10 < V < 0.23 \text{ m/seg}$

##### Primer tramo

$$V_1 = 0.23 \text{ m/seg}$$

##### Segundo tramo

$$V_2 = 0.185 \text{ m/seg}$$

Tercer tramo

$$V3 = 0.125 \text{ m/seg}$$

D. Longitud De Canal En El Tramo (L')

$$L' = V * T * 60$$

Primer tramo

$$L1' = V1 * T1 * 60$$

$$L1' = 0.23 * 7.00 * 60$$

$$L1' = 96.60 \text{ m}$$

Segundo tramo

$$L2' = V2 * T2 * 60$$

$$L2' = 0.185 * 7.00 * 60$$

$$L2' = 77.70 \text{ m}$$

Tercer tramo

$$L3' = V3 * T3 * 60$$

$$L3' = 0.125 * 7.00 * 60$$

$$L3' = 52.50 \text{ m}$$

E. Sección Del Canal En El Tramo (A)

$$A = Qmd/V$$

Primer tramo

$$A1 = Qmd/V1$$

$$A1 = \frac{0.0296}{0.23}$$

$$A1 = 0.13 \text{ m}^2$$

Segundo tramo

$$A2 = Qmd/V2$$

$$A2 = \frac{0.0296}{0.185}$$

$$A2 = 0.16 \text{ m}^2$$

Tercer tramo

$$A3 = Qmd/V2$$

$$A3 = \frac{0.0296}{0.125}$$

$$A3 = 0.24 \text{ m}^2$$

F. Altura De Agua En La Unidad (H)

Primer tramo

$$H1 = 1.20 \text{ m}$$

Segundo tramo

$$H2 = 1.20 \text{ m}$$

Tercer tramo

$$H3 = 1.20 \text{ m}$$

G. Ancho Del Canal En El Tramo De La Unidad (a)

$$a = \frac{A}{H}$$

Primer tramo

$$a1 = \frac{A1}{H1}$$

$$a1 = \frac{0.13}{1.20}$$

$$a1 = 0.11 \text{ m}$$

Segundo tramo

$$a2 = \frac{A2}{H2}$$

$$a2 = \frac{0.16}{1.20}$$

$$a2 = 0.14 \text{ m}$$

Tercer tramo

$$a3 = \frac{A3}{H2}$$

$$a3 = \frac{0.24}{1.20}$$

$$a3 = 0.20 \text{ m}$$

H. Ancho De Vueltas En El Tramo De La Unidad (d)

$$d = 1.50 * a$$

Primer tramo

$$d1 = 1.50 * a1$$

$$d1 = 1.50 * 0.11$$

$$d1 = 0.16 \text{ m}$$

Segundo tramo

$$d2 = 1.50 * a2$$

$$d2 = 1.50 * 0.14$$



$$d2 = 0.21 \text{ m}$$

Tercer tramo

$$d3 = 1.50 * a3$$

$$d3 = 1.50 * 0.20$$

$$d3 = 0.30 \text{ m}$$

I. Ancho De La Unidad Floculador (B)

Primer tramo

$$B1 = 3.20 \text{ m}$$

Segundo tramo

$$B2 = 2.55 \text{ m}$$

Tercer tramo

$$B3 = 2.60 \text{ m}$$

J. Ancho Útil De La Lámina O Tabique (b)

$$b = B - d$$

Primer tramo

$$b1 = B1 - d1$$

$$b1 = 3.20 - 0.16$$

$$b1 = 3.04 \text{ m}$$

Segundo tramo

$$b2 = B2 - d2$$

$$b2 = 2.55 - 0.16$$

$$b2 = 2.39 \text{ m}$$

Tercer tramo

$$b3 = B3 - d3$$

$$b3 = 2.60 - 0.30$$

$$b3 = 2.30 \text{ m}$$

K. Número De Canales O Paneles En El Tramo (N )

$$N = L'/B$$

Primer tramo

$$N1 = L1'/B1$$

$$N1 = \frac{96.60}{3.20}$$

$$N1 = 30. \text{und}$$

Segundo tramo

$$N2 = L2'/B2$$

$$N2 = \frac{77.70}{2.55}$$

$$N2 = 30. \text{und}$$

Tercer tramo

$$N3 = L3'/B3$$

$$N3 = \frac{52.50}{2.60}$$

$$N3 = 19. \text{und}$$

L. Espesor De Las Láminas O Tabique (e)

Primer tramo

$$e1 = 0.025 \text{ m}$$

Segundo tramo

$$e2 = 0.025 \text{ m}$$

Tercer tramo

$$e3 = 0.025 \text{ m}$$

M. Longitud Del Tramo De La Unidad (L)

$$L = N * a + (N - 1) * e$$

Primer tramo

$$L1 = N1 * a1 + (N1 - 1) * e1$$

$$L1 = 30 * 0.11 + (30 - 1) * 0.025$$

$$L1 = 3.95 \text{ m}$$

Segundo tramo

$$L2 = N2 * a2 + (N2 - 1) * e2$$

$$L2 = 30 * 0.14 + (30 - 1) * 0.025$$

$$L2 = 4.80 \text{ m}$$

Tercer tramo

$$L3 = N3 * a3 + (N3 - 1) * e3$$

$$L3 = 19 * 0.20 + (19 - 1) * 0.025$$

$$L3 = 4.20 \text{ m}$$

N. Coeficiente De Pérdida De Cargas En Las Vueltas (K)

$$K = 2.00$$

O. Perdida De Cargas En Las Vueltas ( $h'$ )

$$h' = \frac{K * V^2 * N}{2g}$$

Primer tramo

$$h'1 = \frac{K * V1^2 * N1}{2g}$$

$$h'1 = \frac{2 * 0.23^2 * 30}{2 * 9.81}$$

$$h'1 = 0.162 \text{ m}$$

Segundo tramo

$$h'2 = \frac{K * V2^2 * N2}{2g}$$

$$h'2 = \frac{2 * 0.185^2 * 30}{2 * 9.81}$$

$$h'2 = 0.105 \text{ m}$$

Tercer tramo

$$h'3 = \frac{K * V3^2 * N3}{2g}$$

$$h'3 = \frac{2 * 0.125^2 * 19}{2 * 9.81}$$

$$h'3 = 0.030 \text{ m}$$

P. Perímetro Mojado De Las Secciones Del Tramo (P)

$$P = 2 * H + a$$

Primer tramo

$$P1 = 2 * H1 + a1$$

$$P1 = 2 * 1.20 + 0.11$$

$$P1 = 2.51 \text{ m}$$

Segundo tramo

$$P2 = 2 * H2 + a2$$

$$P2 = 2 * 1.20 + 0.14$$

$$P2 = 2.54m$$

#### Tercer tramo

$$P3 = 2 * H3 + a3$$

$$P3 = 2 * 1.20 + 0.20$$

$$P3 = 2.60m$$

#### Q. Radio Hidráulico (R)

$$R = A/P$$

#### Primer tramo

$$R1 = A1/P1$$

$$R1 = \frac{0.13}{2.51}$$

$$R1 = 0.05$$

#### Segundo tramo

$$R2 = A2/P2$$

$$R2 = \frac{0.16}{2.54}$$

$$R2 = 0.06$$

#### Tercer tramo

$$R3 = A3/P3$$

$$R3 = \frac{0.24}{2.65}$$

$$R3 = 0.09$$

#### R. Coeficiente De Rugosidad Del Panel (n)

$$n = 0.013 \text{ ( Madera)}$$

#### S. Perdida De Carga En Los Canales Del Tramo (h'')

$$h'' = L * \left( \frac{n * V}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

#### Primer tramo

$$h''1 = L1 * \left( \frac{n * V1}{R1^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$h''1 = 96.60 * \left( \frac{0.013 * 0.23}{0.05^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$h''1 = 0.045 \text{ m}$$

Segundo tramo

$$h''2 = L2 * \left( \frac{n * V2}{R2^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$h''2 = 77.70 * \left( \frac{0.013 * 0.185}{0.06^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$h''2 = 0.024 \text{ m}$$

Tercer tramo

$$h''3 = L3 * \left( \frac{n * V3}{R3^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$h''3 = 52.50 * \left( \frac{0.013 * 0.125}{0.09^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$h''3 = 0.015 \text{ m}$$

T. Perdida De Carga Total En El Tramo (hf)

$$hf = h' + h''$$

Primer tramo

$$hf1 = h'1 + h''1$$

$$hf1 = 0.162 + 0.045$$

$$hf1 = 0.207 \text{ m}$$

Segundo tramo

$$hf2 = h'2 + h''2$$

$$hf2 = 0.105 + 0.018$$

$$hf2 = 0.123 \text{ m}$$

Tercer tramo

$$hf3 = h'3 + h''3$$

$$hf3 = 0.030 + 0.015$$

$$hf3 = 0.045 \text{ m}$$

U. Gradiente De Velocidad En El Tramo (G)

$$G = \sqrt{\frac{y}{\mu}} * \sqrt{hf/T}$$

De la tabla N°03 ,

Temperatura del agua 20 C°

$$\sqrt{\frac{y}{\mu}} = 3114.64$$

Primer tramo

$$G1 = 3114.64 * \sqrt{\frac{0.207}{7.00 * 60}}$$

$G1 = 74.60 \text{ S}^{-1}$  .... CUMPLE CON EL ENSAYO DE LAB. OK

Segundo tramo

$$G2 = 3114.64 * \sqrt{\frac{0.123}{7.00 * 60}}$$

$G2 = 54.76 \text{ S}^{-1}$  .... CUMPLE CON EL ENSAYO DE LAB. OK

Tercer tramo

$$G3 = 3114.64 * \sqrt{\frac{0.045}{7.00 * 60}}$$

$G3 = 33.89 \text{ S}^{-1}$  .... CUMPLE CON EL ENSAYO DE LAB. OK

### 3.2.4.2.2.6 Calculo De Los Decantadores Laminare Con Placas

La unidad de tratamiento se diseñara con los parámetros obtenidos en el laboratorio (Ensayo de prueba de jarras).

**Datos:**

Carga Superficial (R) : 55 m<sup>3</sup> / m<sup>2</sup> x d

Velocidad De Sedimentación (Vs) : 0.064 cm/seg

Tasa De Producción De Lodos : 0.005 l . l/seg

#### A. Cálculo Del Canal De Entrada A Los Decantadores.

✓ Caudal De Diseño De La Planta ( Q<sub>md</sub>)

$$Q_{md} = 29.64 \text{ l/seg}$$

✓ Numero De Decantadores ( N)

$$N = 2 \text{ und.}$$

- ✓ Caudal De Ingreso A Cada Decantador ( $q_u$ )

$$q_u = \frac{Q_{md}}{N}$$

$$q_u = \frac{0.0296}{2.00}$$

$$q_u = 0.0148 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Ancho del canal (B)

$$B = 0.45 \text{ m}$$

- ✓ Altura final del canal ( $H_f$ )

$$H_f = 0.40 \text{ m}$$

- ✓ Sección final del canal ( $H_f$ )

$$A_f = H_f * B$$

$$A_f = 0.40 * 0.45$$

$$A_f = 0.18 \text{ m}^2$$

- ✓ Velocidad en la sección final del canal ( $V_f$ )

$$V_f = \frac{q_u}{A_f}$$

$$V_f = \frac{0.0148}{0.180}$$

$$V_f = 0.082 \text{ m/seg}$$

- ✓ Área en la sección inicial del canal ( $A_i$ )

$$A_i = \frac{Q_{md}}{V_f}$$

$$A_i = \frac{0.0296}{0.082}$$

$$A_i = \frac{0.0296}{0.082}$$

$$A_i = 0.36 \text{ m}^2$$

- ✓ Altura inicial del canal ( $H_i$ )

$$H_i = \frac{A_i}{B}$$

$$H_i = \frac{0.36}{0.45}$$

$$\mathbf{A_i = 0.80 \text{ m}}$$

- ✓ Vel en las compuertas de entrada a los decantadores ( $V_L$ )

$$V_L = 0.25 \frac{m}{seg} \dots \text{Asumimos}$$

- ✓ Sección útil de las compuertas ( $A_L$ )

$$A_L = \frac{q_u}{V_L}$$

$$A_L = \frac{0.0148}{0.25}$$

$$A_L = 0.059 \text{ m}^2$$

- ✓ Dimensiones de las compuertas ( $b, h$ )

$$b = 0.15 \dots \text{Asumimos}$$

$$h = A_L/b = 0.059/0.15$$

$$h = 0.40$$

- ✓ Coeficientes experimentales de Hudson ( $\epsilon, \emptyset$ )

$$\epsilon = 0.70$$

$$\emptyset = 1.67$$

- ✓ Coeficiente de pérdida de carga en los orificios de las compuertas ( $\beta$ )

$$\beta = 1 + \epsilon + \emptyset \left( \frac{V}{V_L} \right)^2$$

Primera compuerta

$$\beta_1 = 1 + \epsilon + \emptyset \left( \frac{V_1}{V_L} \right)^2$$

$$\beta_1 = 1 + 0.70 + 1.67 \left( \frac{0.082}{0.25} \right)^2$$

$$\beta_1 = 1.88$$

Segunda compuerta

$$\beta_2 = 1 + \epsilon + \emptyset \left( \frac{V_f}{V_L} \right)^2$$

$$\beta_2 = 1 + 0.70 + 1.67 \left( \frac{0.082}{0.25} \right)^2$$

$$\beta_2 = 1.88$$

- ✓ Velocidad real en la primera compuerta ( $V_{L1}$ )

$$V_{L1} = Q_{md} / (A_L * \beta_1^{\frac{1}{2}} * \Sigma \frac{1}{\sqrt{\beta}})$$



$$\Sigma \frac{1}{\sqrt{\beta}} = 1.473$$

De la tabla N°10 (Anexo),

$$V_{L1} = 0.02964 / (0.059 * 1.88^{\frac{1}{2}} * 1.473)$$

$$V_{L1} = 0.248 \text{ m/seg}$$

- ✓ Velocidad real en la segunda compuerta (  $V_{L2}$  )

$$V_{L2} = Q_{md} / (AL * \beta 2^{\frac{1}{2}} * \Sigma \frac{1}{\sqrt{\beta}})$$

$$\Sigma \frac{1}{\sqrt{\beta}} = 1.473$$

De la tabla N°10 (Anexo),

$$V_{L2} = 0.02964 / (0.059 * 1.88^{\frac{1}{2}} * 1.473)$$

$$V_{L2} = 0.248 \text{ m/seg}$$

- ✓ Desviación de caudales ( $\ddot{a}$ ),  $\ddot{a} < 5\%$

$$\ddot{a} = \left( \frac{V_{L2} - V_{L1}}{V_{L2}} \right) * 1000$$

$$\ddot{a} = \left( \frac{0.248 - 0.248}{0.248} \right) * 100$$

$$\ddot{a} = 0 \% \quad \dots\dots\dots \text{ok}$$

- ✓ Perdida de carga en las compuertas ( $h_f$ )

$$h_f = \frac{\beta * VL^2}{2 * g}$$

Primera compuerta

$$h_{f1} = \frac{\beta 1 * VL1^2}{2 * g}$$

$$h_{f1} = \frac{1.88 * 0.248^2}{2 * 9.81}$$

$$h_{f1} = 0.006 \text{ m}$$

Segunda compuerta

$$h_{f2} = \frac{\beta 2 * VL2^2}{2 * g}$$

$$h_{f2} = \frac{1.88 * 0.248^2}{2 * 9.81}$$

$$h_{f2} = 0.006 \text{ m}$$

- ✓ Sección de las compuertas (  $b$ ,  $h$  )

Primera compuerta

$$b_1 = 0.15 \text{ m}$$

$$h_1 = 0.40 \text{ m}$$

Segunda compuerta

$$b_2 = 0.15 \text{ m}$$

$$h_2 = 0.40 \text{ m}$$

✓ Radios hidráulicos de las compuertas ( $R_h$ )

$$R_H = \frac{b * h}{2(b + h)}$$

Primera compuerta

$$R_{H1} = \frac{b_1 * h_1}{2(b_1 + h_1)}$$

$$R_{H1} = \frac{0.15 * 0.40}{2(0.15 + 0.40)}$$

$$R_{H1} = 0.046 \text{ m}$$

Segunda compuerta

$$R_{H2} = \frac{b_2 * h_2}{2(b_2 + h_2)}$$

$$R_{H2} = \frac{0.15 * 0.40}{2(0.15 + 0.40)}$$

$$R_{H2} = 0.046 \text{ m}$$

✓ Gradiente de velocidad paso del flujo por las compuertas ( $G$ )

$$G = \sqrt{\frac{y}{\mu}} * V_L^{1.5} \sqrt{\frac{f}{8 * g * R_H}}$$

De la tabla N°03 , Temperatura del agua 20 C°

$$\sqrt{\frac{y}{\mu}} = 3114.64$$

$f = 0.02$ .....Coef. Darcy

Primera compuerta

$$G_1 = \sqrt{\frac{y}{\mu}} * V_{L1}^{1.5} \sqrt{\frac{f}{8 * g * R_{H1}}}$$

$$G_1 = 3114.64 * 0.248^{1.5} \sqrt{\frac{0.02}{8 * 9.81 * 0.046}}$$

$$G_1 = 28.63 \text{ S}^{-1}$$

Segunda compuerta

$$G2 = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * V_{L2}^{1.5} \sqrt{\frac{f}{8 * g * R_{H1}}}$$

$$G2 = 3114.64 * 0.248^{1.5} \sqrt{\frac{0.02}{8 * 9.81 * 0.046}}$$

$$G2 = 28.63 \text{ S}^{-1}$$

## B. Cálculo Del Decantador De Placas Paralelas

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta (  $Q_{md}$  )

$$Q_{md} = 29.64 \text{ l/seg}$$

- ✓ Numero De Decantadores (  $N$  )

$$N = 2 \text{ und.}$$

- ✓ Caudal que ingresa a cada Decantador (  $q_u$  )

$$q_u = \frac{Q_{md}}{N}$$

$$q_u = \frac{0.0296}{2.00}$$

$$q_u = 0.0148 \text{ m}^3/\text{seg}$$

- ✓ Separación de las placas en el plano horizontal (  $e'$  )

$$e' = 0.14 \text{ m} \dots \text{Asumimos}$$

- ✓ Espesor de las placas (  $e$  )

$$e = 0.06 \text{ cm} \dots \text{Lonas de vinilo}$$

- ✓ Angulo de inclinación de las placas (  $\emptyset$  )

$$\emptyset = 60^\circ$$

- ✓ Espaciamiento entre placas (  $d$  )

$$d = ( e' * \text{sen}(\emptyset) ) - e$$

$$d = ( 0.14 * \text{sen}(60) ) - 0.06$$

$$d = 12.10 \text{ cm}$$

- ✓ Longitud del módulo de placa (  $l$  )

$$l = 1.20 \text{ m}$$

- ✓ Longitud útil dentro de las placas (  $l_u$  )

$$l_u = l - e' * \cos(\emptyset)$$

$$l_u = 1.20 - 0.14 * \cos(60)$$

$$l_u = 1.13 \text{ m}$$

- ✓ Longitud relativa del módulo de las placas (  $L$  )

$$L = \frac{lu}{d}$$

$$L = \frac{1.13}{0.121}$$

$$L = 9.37 \text{ m}$$

- ✓ Módulo de eficiencia de las placas (S)

$$S = 1$$

- ✓ Carga Superficial (R)

*La carga superficial se determina en el ensayo de prueba de jarras en laboratorio.*

$$R = 55 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \times d$$

- ✓ Velocidad de sedimentación de las partículas (Vs).

$$V_s = \frac{R * f_s}{86.40}$$

Porcentaje de seguridad  $f_s = 65\%$

$$V_s = \frac{55.00 * 0.65}{86.40}$$

$$V_s = 0.041 \text{ cm/seg} \dots \text{Velocidad promedio}$$

- ✓ Coeficiente del módulo de placas ( f )

$$f = \frac{\text{sen}(\emptyset) * (\text{sen}(\emptyset) + L * \cos(\emptyset))}{S}$$

$$f = \frac{\text{sen}(60) * (\text{sen}(60) + 9.37 * \cos(60))}{1}$$

$$f = 4.81$$

- ✓ Área superficial de la unidad (As)

$$A_s = \frac{q_u}{f * V_s}$$

$$A_s = \frac{0.0148 * 100}{4.81 * 0.041}$$

$$A_s = \frac{0.0148 * 100}{4.81 * 0.041}$$

$$A_s = 7.45 \text{ m}^2$$

- ✓ Ancho total neto de la zona de decantación (B)

El ancho total es el doble del ancho de cada placa

$$B = 2.40 \text{ m}$$

- ✓ Número de canales formados por las placas (N)

$$N = \frac{As * \text{sen}(\emptyset)}{B * d}$$

$$N = \frac{7.45 * \text{sen}(60)}{2.40 * 0.121}$$

$$N = 22 \text{ und}$$

- ✓ Longitud total Decantador ( $L_T$ )

$$L_t = \frac{l * \cos(\emptyset) + (N * d) + (N + 1) * e}{\text{sen}(\emptyset)}$$

$$L_t = \frac{1.20 * \cos(60) + (22 * 121) + (22 + 1) * 0.06}{\text{sen}(60)}$$

$$L_t = 3.70 \text{ m}$$

- ✓ Velocidad media del flujo ( $V_o$ )

$$V_o = \frac{q_u}{As * \text{sen}(\emptyset)} * 100$$

$$V_o = \frac{0.0148}{7.45 * \text{sen}(60)} * 100$$

$$V_o = 0.23 \text{ cm/seg}$$

- ✓ Ancho del módulo de placas (b)

$$b = 2.40 \text{ m}$$

- ✓ Radio hidráulico ( $R_H$ )

$$R_H = \frac{b * d}{2(b + d)} * 100$$

$$R_H = \frac{2.40 * 0.121}{2 * (2.40 + 0.121)} * 100$$

$$R_H = 5.39 \text{ cm}$$

- ✓ Viscosidad a 20° C

$$\gamma = 0.01 \text{ cm}^2/\text{seg}$$

- ✓ Numero de Reynolds ( $N_{ro}$ ),  $N_{ro} < 500$

$$N_{re} = \frac{4 * R_H * V_o}{\gamma}$$

$$N_{re} = \frac{4 * 5.39 * 0.23}{0.01}$$

$$N_{re} = 495.88 \dots \text{ ok } < 500$$

- ✓ Velocidad longitudinal máxima del flujo ( $V'_o$ )

Se debe cumplir que  $V_o < V_o'$ ,  $V_o = 0.23 \text{ cm/seg}$

$$V_o' = V_s * \sqrt{\frac{Nre}{8}}$$

$$V_o' = 0.041 * \sqrt{\frac{495.88}{8}}$$

$$V_o' = 0.041 * \sqrt{\frac{495.88}{8}}$$

$$V_o' = 0.32 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \dots \text{ok} > V_o$$

### C. Cálculo de la tubería de distribución de agua floculada a lo largo del módulo de placas.

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta (  $Q_{md}$  )

$$Q_{md} = 29.64 \text{ l/seg}$$

- ✓ Numero De Decantadores (  $N$  )

$$N = 2 \text{ und.}$$

- ✓ Caudal que ingresa a cada Decantador (  $q_u$  )

$$q_u = \frac{Q_{md}}{N}$$

$$q_u = \frac{0.0296}{2.00}$$

$$q_u = 0.0148 \text{ m}^3/\text{seg}$$

- ✓ Numero de tuberías por decantador (  $N$  )

$$N = 2.00 \text{ und}$$

- ✓ Numero de hileras de orificios en cada tubería por decantador (  $N'$  )

$$N', = 6.00$$

- ✓ Velocidad en los orificios (  $V_o$  )

$$V_o = 0.15 \text{ m/seg}$$

- ✓ Longitud del módulo de placas y de la tubería (  $L$  )

$$L = 3.70 \text{ m}$$

- ✓ Separación de los orificios (  $e$  )

$$e = 0.25 \text{ m}$$

- ✓ Caudal por cada tubería (  $q_t$  )

$$q_t = \frac{q_u}{N}$$

$$q_t = \frac{0.0148}{2}$$

$$q_t = 0.0074 \text{ m}^3/\text{seg}$$

- ✓ Caudal por cada hilera de orificio ( $q_h$ )

$$q_h = \frac{q_t}{N'}$$

$$q_t = \frac{0.0074}{6.00}$$

$$q_t = 0.0012 \text{ m}^3/\text{seg}$$

- ✓ Área total de orificios ( $A_t$ )

$$A_t = \frac{q_h}{V_o}$$

$$q_t = \frac{0.0012}{0.15}$$

$$q_t = 0.008 \text{ m}^2$$

- ✓ Numero de orificios en cada hilera ( $n$ )

$$n = \frac{L}{e}$$

$$n = \frac{3.70}{0.25}$$

$$n = 15 \text{ und.}$$

- ✓ Área de cada orificio ( $A_o$ )

$$A_o = \frac{A_t}{n}$$

$$A_o = \frac{0.008}{15}$$

$$A_o = 0.00056 \text{ m}^2$$

- ✓ *Diámetro de los orificios de distribución ( $d_o$ )*

$$d_o = \sqrt{\frac{4 * A_o}{3.14}}$$

$$d_o = \sqrt{\frac{4 * 0.00056}{3.14}}$$

$$d_o = 0.025 \text{ m}$$

$$d_o = 1''$$

- ✓ Diámetro de la tubería de distribución ( $D_o$ )

$$D_o = 400 \text{ mm}$$

$$D_o = 16''$$

- ✓ Área de la tubería de distribución ( $A_t$ )

$$A_t = \frac{3.14 * D_o^2}{4}$$

$$A_t = \frac{3.14 * 0.40^2}{4}$$

$$A_t = 0.126 \text{ m}^2$$

- ✓ Área de la tubería de distribución ( $A_t$ )

$$A_t = \frac{3.14 * D_o^2}{4}$$

$$A_t = \frac{3.14 * 0.40^2}{4}$$

$$A_t = 0.126 \text{ m}^2$$

- ✓ Desviación de caudales ( $\ddot{a}$ ),  $\ddot{a} < 5\%$

$$\ddot{a} = \frac{n * A_o}{A_t}$$

$$\ddot{a} = \frac{15 * 0.00056}{0.126}$$

$$\ddot{a} = 4.90 \% \text{ ....ok} < 5\%$$

- ✓ Radio Hidráulico ( $R_H$ )

$$R_H = \frac{A}{P} = \frac{\tau * r^2}{2 * \tau * r}$$

$$R_H = \frac{r}{2} = \frac{do}{4}$$

$$R_H = \frac{0.025}{4}$$

$$R_H = 0.00625 \text{ m}$$

- ✓ Gradiente de velocidad paso del flujo por las compuertas ( $G$ )

$$G = \sqrt{\frac{y}{\mu}} * VL^{1.5} \sqrt{\frac{f}{8 * g * R_H}}$$

De la tabla N°03, Temperatura del agua 20 C°

$$\sqrt{\frac{y}{\mu}} = 3114.64$$

$$f = 0.02 \text{ .....Coef. Darcy}$$



$$G = \sqrt{\frac{y}{\mu}} * V_L^{1.5} \sqrt{\frac{f}{8 * g * R_{H1}}}$$

$$G = 3114.64 * 0.15^{1.5} \sqrt{\frac{0.02}{8 * 9.81 * 0.00625}}$$

$$G = 36.53 \text{ S}^{-1}$$

#### **D. Cálculo De Un Colector Múltiple Con Tolvas Separadas.**

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta (  $Q_{md}$  )

$$Q_{md} = 29.64 \text{ l/seg}$$

- ✓ Numero De Decantadores (  $N$  )

$$N = 2 \text{ und.}$$

- ✓ Caudal que ingresa a cada Decantador (  $q_u$  )

$$q_u = \frac{Q_{md}}{N}$$

$$q_u = \frac{0.0296}{2.00}$$

$$q_u = 0.0148 \text{ m}^3/\text{seg}$$

- ✓ Numero de tolvas por decantador (  $N$  )

$$N = 1.00 \text{ und}$$

- ✓ Longitud del de decantador (  $L$  )

$$L = 3.70 \text{ m}$$

- ✓ Ancho total de decantador (  $B$  )

$$B = 2.40 \text{ m}$$

- ✓ Longitud de la base mayor de cada tolva (  $l_T$  )

$$l_c = \frac{L}{N}$$

$$l_c = \frac{3.70}{1.00}$$

$$l_c = 3.70 \text{ m}$$

- ✓ Sección máxima de cada tolva (  $A_T$  )

$$A_T = B * l_c$$

$$A_T = 2.40 * 3.70$$

$$A_T = 8.90 \text{ m}^2$$

- ✓ Profundidad del tronco de pirámide de la tolva (  $H_T$  )

$$H_T = 1.00 \text{ m}$$

- ✓ Volumen de la tolva ( $V_T$ )

$$V_T = \frac{A_T * H_T}{23}$$

$$V_T = \frac{8.90 * 1.00}{3}$$

$$V_T = 2.97 \text{ m}^2$$

- ✓ Tasa de producción de lodos ( $q_L$ )

La tasa de producción se determina en el ensayo de prueba de jarras en laboratorio.

$$q_L = 0.005 \text{ L} \cdot \text{l/seg}$$

- ✓ Caudal de lodos producidos por la unidad en épocas de lluvias ( $Q_l$ )

$$Q_l = q_u * q_L$$

$$Q_l = 14.82 * 0.005$$

$$Q_l = 0.0741 \text{ l/seg}$$

- ✓ Frecuencia de descarga ( $F$ )

Se adopta un periodo de almacenamiento de un día y la frecuencia máxima de descargas en época de lluvia es de cuatro horas.

$$F = \frac{V_T}{Q_l}$$

$$F = \frac{2.97}{0.0741 * 3.6}$$

$$F = 11.13 \text{ horas} \dots \text{ok} > \text{horas}$$

- ✓ Velocidad De Arrastre ( $V_a$ )

$$V_a = 0.01 \text{ m/seg} \dots \text{Asumimos}$$

- ✓ Carga hidráulica ( $H$ )

$$H = 3.20 \text{ m}$$

- ✓ Diámetro de los orificios de descarga ( $d$ )

$$d = \frac{l_c}{1.162 * H * \sqrt{\frac{1}{V_a}}}$$

$$d = \frac{3.70}{1.162 * 3.20 * \sqrt{\frac{1}{0.01}}}$$

$$d = 0.10 \text{ m}$$

$$d = 4.00 \text{ pulg}$$

### 3.2.4.2.2.7 Cálculo De Filtro Rápido De Tasa Declinante Y Lavado Mutuo.

#### A. Calculo De Cantidad De Filtros.

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta (  $Q_{md}$  )

$$Q_{md} = 29.64 \text{ l/seg}$$

$$Q_{md} = 0.02964 \text{ m}^3/\text{seg}$$

- ✓ Velocidad ascensional de lavado (  $V_a$  )

$$V_a = 0.50 \text{ m/min} \dots \text{Asumimos}$$

- ✓ Área de cada filtro (  $A_F$  )

$$A_F = Q_{md}/V_a$$

$$A_F = \frac{0.02964 * 60}{0.50}$$

$$A_F = 3.55 \text{ m}^2, (L = 2.10 \text{ m}, A = 1.70 \text{ m}).$$

- ✓ Velocidad de filtración promedio (  $V_F$  )

De la tabla N°11 (Anexo).

$$V_F = 150 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{dia}$$

- ✓ Área total de filtros (  $A_{TF}$  )

$$A_{TF} = \frac{Q_{md}}{V_F}$$

$$A_{TF} = \frac{0.02464 * 86400}{150}$$

$$A_{TF} = 17.05 \text{ m}^2$$

- ✓ Numero de filtros (  $N_F$  ) ,  $N_F \geq 4.00$  Und

$$N_F = \frac{A_{TF}}{A_F}$$

$$N_F = \frac{17.05}{3.55}$$

$$N_F = 4.80 \text{ und}$$

$$N_F = 5.00 \text{ und} \dots \text{ok} \geq 4.00 \text{ und}$$

#### B. Cálculo de la expansión del lecho filtrante, selección de la velocidad de lavado y ubicación de las canaletas de lavado.

- ✓ Diámetro más fino de la capa de arena (  $d_1$  )

$$d_1 = 0.42 \text{ mm}$$

De la tabla N°12 (Anexo).

- ✓ Diámetro más grueso de la capa de arena ( $d_2$ )

$$d_{12} = 0.50 \text{ mm}$$

De la tabla N°12 (Anexo 3).

- ✓ Diámetro equivalente de la capa más fina ( $d_e$ )

$$d_e = \sqrt{d_1 * d_2}$$

$$d_e = \sqrt{0.42 * 0.50}$$

$$d_e = 0.458 \text{ mm}$$

- ✓ Peso específico del agua ( $\rho_a$ )

$$\rho_a = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

- ✓ Peso específico de la arena ( $\rho_s$ )

$$\rho_s = 2650 \text{ Kg/m}^3$$

- ✓ Viscosidad dinámica 20°C ( $\mu$ )

$$\mu = 0.001 \text{ Kg/s * m}$$

- ✓ Numero de Galileo para la capa más fina de la arena ( $G_a$ )

$$G_a = \frac{d_e^3 * \rho_a * (\rho_s - \rho_a)g}{\mu^2}$$

$$G_a = \frac{\left(\frac{0.458}{1000}\right)^3 * 1000 * (2650 - 1000)9.81}{0.001^2}$$

$$G_a = 1558$$

- ✓ Número de Reynolds modificado ( $Re$ )

$$Re = \frac{d_e * \rho_a * V_a}{\mu}$$

$$Re = \frac{\frac{0.648}{1000} * 1000 * 0.5}{0.001}$$

$$Re = 3.82$$

- ✓ Coeficiente de esfericidad ( $C_e$ )

$$C_e = 0.80$$

De la tabla N°13 (Anexo)

- ✓ Porosidad de la subcapa expandida ( $\varepsilon_i$ )

$$\varepsilon_i = 0.61$$

Del gráfico N° 21 (Anexo).

- ✓ Fracción, en peso, entre dos tamices consecutivos de la serie granulométrica ( $X_i$ ).

$$X_i = 0.06$$

Del gráfico N° 22 (Anexo).

- ✓ Porosidad de la arena limpia ( $\varepsilon_o$ )

$$\varepsilon_o = 0.42$$

- ✓ Porosidad expandida promedio de la capa de arena ( $\varepsilon_e$ )

$$\varepsilon_e = 1 - \left( \frac{1}{\frac{\sum X_i}{1 - \varepsilon_i}} \right)$$

$$\left( \frac{\sum X_i}{1 - \varepsilon_i} \right) = 2.251$$

$$\varepsilon_e = 1 - \left( \frac{1}{2.251} \right)$$

$$\varepsilon_e = 0.55$$

- ✓ Porcentaje de expansión promedio de la arena (E).

$$E = \left( \frac{\varepsilon_e - \varepsilon_o}{1 - \varepsilon_e} \right) * 100$$

$$E = \left( \frac{0.55 - 0.42}{1 - 0.55} \right) * 100$$

$$E = 28.90 \%$$

- ✓ Espesor del lecho de arena ( $H_3$ )

$$H_3 = 0.80 \text{ m ....}$$

- ✓ Altura del lecho filtrante expandido ( $H_e$ )

$$H_e = H_3 * (1 + E)$$

$$H_e = 0.80 * (1 + 0.289)$$

$$H_e = 1.05 \text{ m}$$

- ✓ Numero de canaletas de recolección del agua de lavado ( $N_1$ )

$$N_1 = 1.00 \text{ und.}$$

- ✓ Caudal que recolecta cada canaleta ( $Q_c$ )

$$Q_c = \frac{1.3 * Q_{md}}{N_1}$$

$$Q_c = \frac{1.3 * 0.02964 * 60}{1}$$

$$Q_c = 2.31 \text{ m}^3/\text{min}$$

- ✓ Ancho de las canaletas de lavado (W)

$$W = \frac{Qc}{82.5 * H_o^{3/2}}$$

$$W = \frac{2.31}{82.5 * 0.30^{3/2}}$$

$$W = 0.20 \text{ m}$$

- ✓ Altura útil de las canaletas de lavado ( $H_o$ )

$$H_o = 0.30 \text{ m}$$

- ✓ Altura total de canaletas de lavado más losa de fondo ( $H_3$ )

$$H_3 = 1.5 * H_o + 0.10$$

$$H_3 = 1.5 * 0.3 + 0.10$$

$$H_3 = 0.55 \text{ m}$$

- ✓ Altura de falso fondo ( $H_1$ )

$$H_1 = 0.40 \text{ m}$$

- ✓ Altura del drenaje más la grava ( $H_2$ )

$$H_2 = 0.52 \text{ m}$$

- ✓ Altura del borde de la canaleta de lavado con respecto al fondo del filtro ( $H_c$ )

$$H_c = H_1 + H_2 + H_3 + H_e$$

$$H_c = 0.40 + 0.52 + 0.55 + 1.05$$

$$H_c = 2.52 \text{ m}$$

### C. Cálculo de las pérdidas de carga durante el lavado de un filtro y ubicación del vertedero de salida.

- ✓ Densidad del agua ( $\rho_a$ )

$$\rho_a = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

- ✓ Densidad de la arena ( $\rho_s$ )

$$\rho_s = 2650 \text{ Kg/m}^3$$

- ✓ Espesor del lecho de arena ( $H_3$ )

$$H_3 = 0.80 \text{ m ....}$$

- ✓ Porosidad de la arena limpia ( $\epsilon_o$ )

$$\epsilon_o = 0.42$$

- ✓ Pérdida de carga en la arena durante el lavado ( $hf_1$ )

$$hf_1 = (1 - \epsilon_o) \left( \frac{\rho_s - \rho_a}{\rho_a} \right) * H_3$$

$$hf_1 = (1 - 0.42) \left( \frac{2.65 - 1}{1} \right) * 0.80$$

$$hf1 = 0.77m$$

- ✓ Ancho de cada filtro (L)

$$L = 2.10 \text{ m}$$

- ✓ Ancho de cada filtro (b)

$$b = 0.30 \text{ m}$$

- ✓ Numero de viguetas de drenaje ( $N_1$ )

$$N_1 = L/b$$

$$N_1 = \frac{2.10}{0.30}$$

$$N_1 = 7.00 \text{ und.}$$

- ✓ Espaciamiento entre orificios (e)

$$e = 0.10$$

- ✓ Longitud de cada vigueta (C)

$$C = 1.70$$

- ✓ Numero de orificios en cada viguetas de drenaje ( $N_2$ )

$$N_2 = \frac{2 * C}{e}$$

$$N_2 = \frac{2 * 1.70}{0.10}$$

$$N_2 = 34.0 \text{ und}$$

- ✓ Diámetro de los orificios de drenaje ( $d_o$ )

$$d_o = \frac{3}{4} \text{ pulg}$$

- ✓ Número total de orificios en el drenaje ( $N_T$ )

$$N_T = N_1 * N_2$$

$$N_T = 7.00 * 34.00$$

$$N_T = 238 \text{ und}$$

- ✓ Caudal de lavado por orificio ( $q_o$ )

$$q_o = \frac{Q_{md}}{N_T}$$

$$q_o = \frac{0.0296}{238}$$

$$q_o = 1.24 * 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{seg}$$

- ✓ Área de los orificios de drenaje ( $A_o$ )

$$A_o = \frac{\pi * d_o^2}{4}$$

$$A_o = \frac{\pi * 0.019^2}{4}$$

$$A_o = 2.85 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

- ✓ Coeficiente de descarga de los orificios (Cd)

$$C_d = 0.65$$

- ✓ Aceleración de la gravedad (g)

$$g = 9.81 \text{ m/seg}^2$$

- ✓ Pérdida de carga en los orificios ( hf<sub>2</sub> )

$$hf_2 = \frac{qo^2}{2 * g (Cd * Ao)^2}$$

$$hf_2 = \frac{1.24 * 10^{-4}}{2 * 9.81 (0.65 * 2.85 * 10^{-4})^2}$$

$$hf_2 = 0.023 \text{ m}$$

- ✓ Ancho libre del canal de fondos orificios ( C )

$$C = 1.70 \text{ m}$$

- ✓ Altura de falso fondo (H<sub>1</sub>)

$$H_1 = 0.40 \text{ m}$$

- ✓ Sección transversal del falso fondo (AFF)

$$AFF = C * H_1$$

$$AFF = 1.70 * 0.40$$

$$AFF = 0.68 \text{ m}^2$$

- ✓ Velocidad en el falso fondo durante el retrolavado (VFF)

$$VFF = Q_{md}/AFF$$

$$VFF = 0.02964/0.68$$

$$VFF = 0.044 \text{ m/seg}$$

- ✓ Coeficiente de pérdida de carga en el falso fondo (K<sub>1</sub>)

$$K_1 = 1.10$$

- ✓ Pérdida de carga en el falso fondo durante el retrolavado (hf<sub>3</sub>).

$$hf_3 = \frac{K_1 * VFF^2}{2g}$$

$$hf_3 = \frac{1.3 * 0.044^2}{2 * 9.81}$$

$$hf_3 = 0.00011 \text{ m}$$

- ✓ Velocidad en la compuerta de salida (Vc<sub>2</sub>)



$$V_{c3} = 1.60 \text{ m/seg}$$

- ✓ Coeficiente de pérdida de carga en la compuerta ( $K_2$ )

$$K_2 = 1.30$$

- ✓ Pérdida de carga en la compuerta de salida durante el retrolavado ( $hf_4$ )

$$hf_4 = \frac{K_2 * V_{c3}^2}{2 * g}$$

$$hf_4 = \frac{1.30 * 1.60^2}{2 * 9.81}$$

$$hf_4 = 0.17 \text{ m}$$

- ✓ Altura de agua sobre las canaletas de recolección ( $hf_5$ )

$$hf_5 = \left( \frac{1.3 * Q_{md}}{1.84 * 2 * N_3 * C} \right)^{2/3}$$

$$hf_5 = \left( \frac{1.3 * 0.0296}{1.84 * 2 * 1 * 1.7} \right)^{2/3}$$

$$hf_5 = 0.021 \text{ m}$$

- ✓ Pérdida de carga durante el retrolavado ( $hf_{\text{lavado}}$ )

$$hf_{\text{lavado}} = hf_1 + hf_2 + hf_3 + hf_4 + hf_5$$

$$hf_{\text{lavado}} = 0.77 + 0.023 + 0.0001 + 0.17 + 0.021$$

$$hf_{\text{lavado}} = 0.98 \text{ m}$$

- ✓ Nivel del vertedero que controla la hidráulica del lavado, con respecto al fondo del filtro ( $h_v$ )

$$h_v = h_c + hf_{\text{lavado}}$$

$$h_v = 2.52 + 0.98$$

$$h_v = 3.50 \text{ m}$$

#### **D. Determinación de la ecuación para calcular la carga hidráulica que requiere la batería para operar con tasa declinante.**

- ✓ Coeficiente de esfericidad ( $C_e$ )

$$C_e = 0.80$$

- ✓ Coeficiente de esfericidad ( $C_e$ )

$$V_s = 0.001 \text{ cm}^2/\text{s}$$

- ✓ Valor :

$$\left( \frac{\sum x_i}{di^2} \right) = 2007497.4$$

- ✓ *Perdida de carga inicial en la capa de arena en función de la velocidad de filtración ( $hf_1$ )*

$$hf_1 = 150 * \frac{V_s}{g} ((1 - \varepsilon_o)^2 / \varepsilon_o^3) (1 / C_e^2) (L * VF \left( \frac{\sum x_i}{di^2} \right))$$

$$hf_1 = 150 * \frac{0.001}{9.81} ((1 - 0.42)^2 / 0.42^3) (1 / 0.80^2) \left( \frac{0.80 * 2007497.4}{86400} \right) * VF$$

$$hf_1 = 2.02 * 10^{-2} VF$$

- ✓ *Viscosidad absoluta 20°C ( $\mu$ )*

$$\mu = 0.001 \text{ Kg/s} * m$$

- ✓ *Área de cada filtro ( $A_F$ )*

$$A_F = 3.55 \text{ m}^2$$

- ✓ *Número total de orificios en el drenaje ( $N_T$ )*

$$N_T = 238 \text{ und}$$

- ✓ *Caudal por orificio de drenaje durante el proceso de filtración, en función de la velocidad de filtración. ( $q_o$ )*

$$q_o = \frac{A_F * VF}{86400 * N_T}$$

$$q_o = \frac{3.55 * VF}{86400 * 238}$$

$$q_o = 1.73 * 10^{-7} VF$$

- ✓ *Área de los orificios de drenaje ( $A_o$ )*

$$A_o = \frac{\pi * d_o^2}{4}$$

$$A_o = \frac{\pi * 0.019^2}{4}$$

$$A_o = 2.85 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

- ✓ *Perdida de carga en drenaje durante el proceso en función de la velocidad de filtración.*

$$hf_2 = \frac{q_o^2}{2 * C_d^2 * A_o^2 * g}$$

$$hf_2 = \frac{1.73 * 10^{-7} VF}{2 * 0.65^2 * (2.85 * 10^{-4})^2 * 9.81}$$

$$hf_2 = \frac{1.73 * 10^{-7} VF}{2 * 0.65^2 * (2.85 * 10^{-4})^2 * 9.81}$$

$$hf_2 = 4.43 * 10^{-8} VF^2$$

- ✓ *Velocidad en la compuerta de entrada ( $V_c$ )*

$$V_c = 1.28 \text{ m/seg}$$

- ✓ Sección de la compuerta de entrada ( $A_c$ )

$$A_c = \frac{1.3 * Q_{md}}{N * V_c}$$

$$A_c = \frac{1.3 * 0.0296}{4 * 1.28}$$

$$A_c = 0.006 \text{ m}^2$$

- ✓ Coeficiente de pérdida de carga en la compuerta ( $K$ )

$$K = 1.00$$

- ✓ Pérdida de carga en la compuerta de entrada ( $hf_3$ )

$$hf_3 = \frac{K * V_c^2}{2 * g}$$

$$V_c^2 = \frac{(AF * VF)^2}{A_c^2} = \frac{(3.55 * VF)^2}{0.006^2 * 86400}$$

$$hf_3 = \frac{1.0 * (3.55 * VF)^2}{2 * 9.81 * 86400 * 0.006^2}$$

$$hf_3 = 2.39 * 10^{-6} VF^2$$

- ✓ Longitud de la cresta de vertedero ( $L_2$ )

$$L_2 = 1.00 \text{ m}$$

- ✓ Altura de agua en el vertedero de salida ( $hf_4$ )

$$hf_4 = \frac{(Q_{md})^{2/3}}{(1.84 * L_2)^{2/3}}$$

$$hf_4 = \frac{0.0296^{2/3}}{(1.84 * 1)^{2/3}}$$

$$hf_4 = 0.064 \text{ m}$$

- ✓ Carga hidráulica disponible para el proceso ( $H_T$ )

$$H_T = hf_1 + hf_2 + hf_3 + hf_4$$

$$H_T = 0.020VF + 4.43 * 10^{-8}VF + 2.39 * 10^{-6}VF + 0.02$$

$$H_T = 2.43 * 10^{-6}VF^2 + 0.020VF + 0.064$$

### 3.2.4.2.2.8 Diseño Sala De Cloración

#### A. Dimensionamiento Del Área De Almacén De Cloro

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta ( $Q_{md}$ )

$$Q_{md} = 29.64 \text{ l/seg}$$

- ✓ Dosis máxima de cloro ( $D_{max}$ )

$$D_{\max} = 3.00 \text{ mg/L}$$

- ✓ Dosis mínima de cloro ( $D_{\min}$ )

$$D_{\min} = 1.00 \text{ mg/L}$$

- ✓ Dosis promedio de cloro ( $D_p$ )

$$D_p = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2}$$

$$D_p = \frac{3 + 1}{2}$$

$$D_p = 2 \text{ mg/L}$$

- ✓ Tiempo de almacén de cloro (T)

$$T = 90.00 \text{ días}$$

- ✓ Peso de cloro requerido en el periodo de almacenamiento seleccionado (W)

$$W = Q_{md} * T * D_p$$

$$W = \frac{29.64 * 86.4 * 90 * 2}{1000}$$

$$W = 460.96 \text{ kg}$$

- ✓ Peso de un cilindro de cloro (P)

$$P = 68.00 \text{ Kg}$$

- ✓ Numero de cilindros que se almacenan (N)

$$N = \frac{W}{P}$$

$$N = \frac{460.96}{68}$$

$$N = 6.77 \text{ und}$$

$$N = 7.00 \text{ und}$$

- ✓ Área que ocupa un cilindro ( $A_c$ )

$$A_c = 0.071 \text{ m}^2$$

- ✓ Área ocupada por los cilindros ( $A_t$ )

$$A_t = A_c * N$$

$$A_t = 0.071 * 7.00$$

$$A_t = 0.61 \text{ m}^2$$

## B. Cálculo de una estación de cloración

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta ( $Q_{md}$ )

$$Q_{md} = 29.64 \text{ L/seg}$$

- ✓ Dosis máxima de cloro ( $D_{\max}$ )

$$D_{\max} = 3.00 \text{ mg/L}$$

- ✓ Concentración de la solución (C)

$$C = 3500.00 \text{ mg/L}$$

- ✓ Caudal mínimo de agua requerido para la operación del eyector (q)

$$q = \frac{Q_{md} * D_{\max}}{C}$$

$$q = \frac{29.64 * 3.00}{3500 * 1000}$$

$$q = 2.54 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{seg}$$

- ✓ Capacidad requerida del equipo (W)

$$W = Q_{md} * D_{\max}$$

$$W = 29.64 * 3.00 * 3.6$$

$$W = 320.11 \text{ g/h}$$

- ✓ Seleccionamos el equipo que nos pueda dar la capacidad requerida ( $W_{\max}$ )

$$W_{\max} = 750 \text{ g/h}$$

De la tabla N°14 (Anexo),

- ✓ Capacidad mínima del clorador ( $W_{\min}$ )

$$W_{\min} = \frac{W_{\max}}{20}$$

$$W_{\min} = \frac{750}{20}$$

$$W_{\min} = 37.50 \text{ g/h}$$

- ✓ velocidad en la tubería de alimentación de agua (V)

$$V = 0.90 \text{ m/seg}$$

- ✓ Área de la tubería ( $A_t$ )

$$A_t = \frac{q}{V}$$

$$A_t = \frac{2.54 * 10^{-5}}{0.90}$$

$$A_t = \frac{2.54 * 10^{-5}}{0.90}$$

$$A_t = 2.82 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

- ✓ Diámetro de la tubería de alimentación de agua  $\emptyset$

$$\emptyset = \sqrt{4A_t/\sigma}$$

$$\emptyset = \sqrt{4 * 2.82 * 10^{-5} / 3.14}$$

$$\varnothing = 0.006 \text{ m}$$

$$\varnothing = 1/4''$$

- ✓ Longitud de la tubería de alimentación de carga (L)

$$L = 50 \text{ m}$$

- ✓ Coeficiente de fricción (f)

$$f = 0.03$$

- ✓ Pérdida de carga por fricción ( $H_o$ )

$$H_o = \frac{f * L * V^2}{\varnothing * g}$$

$$H_o = \frac{0.03 * 50 * 0.9^2}{0.006 * 9.81}$$

$$H_o = 10.16 \text{ m}$$

- ✓ Pérdida de carga total por accesorios ( $H_a$ )

$$H_a = \frac{K * V^2}{2 * g}$$

$$H_a = \frac{4.45 * 0.90^2}{2 * 9.81}$$

$$H_a = 0.18 \text{ m}$$

- ✓ Presión requerida por el inyector ( $H_i$ )

$$H_i = 30.00 \text{ m}$$

- ✓ Pérdida de carga menores ( $H_t$ )

$$H_t = H_i + H_a + H_o$$

$$H_t = 30.00 + 0.18 + 10.16$$

$$H_t = 40.34 \text{ m}$$

- ✓ Peso específico del agua ( $\rho$ )

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

- ✓ Potencia de la bomba (P)

$$P = \frac{\rho * q * H_t}{75 * e}$$

$$P = \frac{1000 * 2.54 * 10^{-5} * 40.34}{75 * 0.75}$$

$$P = 0.02 \text{ HP}$$

$$P = \frac{1}{3} \text{ HP ... Elegimos}$$

### 3.2.4.2.2.9 Calculo De La Cámara De Contacto Y Cisterna De Almacenamiento Para Bombeo.

#### A. Cámara de contacto.

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta (Qmd)

$$Qmd = 29.64 \text{ L/seg}$$

- ✓ Tiempo de contacto de cloro (T)

$$T = 25 \text{ min}$$

- ✓ Volumen de la cámara de contacto (Vc)

$$Vc = \frac{Qmd * T * 60}{1000}$$

$$Vc = \frac{29.64 * 25 * 60}{1000}$$

$$Vc = \frac{29.64 * 25 * 60}{1000}$$

$$Vc = 44.50 \text{ m}^3$$

#### B. Cisterna de almacenamiento para bombeo

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta (Qmd), Caudal de ingreso a la cisterna.

$$Qmd = 29.64 \text{ L/seg}$$

- ✓ Número de horas de bombeo hacia los reservorios (Tbr)

$$Tbr = 20 \text{ horas}$$

- ✓ Caudal bombeo (Qb) , caudal de salida de la cisterna

$$Qb = \frac{Qmd * 24}{Tbr}$$

$$Qb = \frac{29.64 * 24}{20}$$

$$Qb = 35.57 \text{ L/seg}$$

- ✓ Volumen de ingreso (Vi) , Volumen de ingreso a la cisterna

$$Vi = Qmd * 3.6$$

$$Vi = 29.64 * 3.6$$

$$Vi = 106.70 \text{ m}^3/\text{hora}$$

- ✓ Volumen de salida (Vs) , Volumen de salida de la cisterna

$$Vs = Qb * 3.6$$

$$Vs = 35.57 * 3.6$$

$$Vs = 128.04 \text{ m}^3/\text{hora}$$

- ✓ Volumen de la cisterna (Vcis.)

$$V_{cis.} = (V_s - V_i) * T_{br}$$

$$V_{cis.} = (128.04 - 106.70) * 20$$

$$V_{cis.} = 430 \text{ m}^3$$

### 3.2.4.2.2.10 Calculo De La Perdida De Carga Entre Componentes De La PTAP.

#### A. Cámara de regulación de caudal – Sedimentador de flujo horizontal.

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta (Qmd)

$$Q_{md} = 29.64 \text{ L/seg}$$

- ✓ Longitud de la tubería ( L )

$$L = 25 \text{ m}$$

- ✓ Diámetro ( Ø )

$$\varnothing = 06 \text{ plg}$$

- ✓ Área ( A )

$$A_o = \frac{\sigma * d^2}{4}$$

$$A_o = \frac{3.1415 * (\frac{6 * 2.54}{100})^2}{4}$$

$$A_o = 0.018 \text{ m}^2$$

- ✓ Velocidad (V).

$$V = \frac{Q_{md}}{A_o}$$

$$V = \frac{(\frac{29.64}{1000})}{0.018}$$

$$V = 1.63 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

- ✓ Perdida de carga por fricción ( hf )

$$h_f = L * (\frac{Q_{md}}{0.2785 * C * d^{2.63}})^{1.85}$$

$$h_f = 25 * (\frac{(\frac{29.64}{1000})}{0.2785 * 130 * (6 * 0.0254)^{2.63}})^{1.85}$$

$$h_f = 0.40 \text{ m}$$

- ✓ Perdida de carga por accesorios ( h<sub>kT</sub> )

- Codo 90°, Cant.(N) = 04 Und, k= 0.40, D= 160 mm



Velocidad:

$$V = \frac{Q_{md}}{\frac{\sigma * d^2}{4}}$$

$$V = \frac{\left(\frac{29.64}{1000}\right)}{\frac{3.14 * \left(\frac{152.4}{1000}\right)^2}{4}}$$

$$V = 1.63 \text{ m/seg}$$

Perdida de carga

$$h_{k1} = \frac{N * K * V^2}{2 * g}$$

$$h_{k1} = \frac{4 * 0.4 * 1.63^2}{2 * 9.81}$$

$$h_{k1} = 0.21 \text{ m}$$

- Válvula compuerta , Cant.(N) = 01 Und, k= 1.00 , D= 160 mm

Velocidad:

$$V = \frac{Q_{md}}{\frac{\sigma * d^2}{4}}$$

$$V = \frac{\left(\frac{29.64}{1000}\right)}{\frac{3.14 * \left(\frac{152.4}{1000}\right)^2}{4}}$$

$$V = 1.63 \text{ m/seg}$$

Perdida de carga

$$h_{k2} = \frac{N * K * V^2}{2 * g}$$

$$h_{k2} = \frac{1 * 1 * 1.63^2}{2 * 9.81}$$

$$h_{k2} = 0.13 \text{ m}$$

- ✓ Perdida de carga total (  $h_T$  )

$$h_T = H_f + h_{k1} + h_{k2}$$

$$h_T = 0.40 + 0.21 + 0.13$$

$$h_T = 0.74 \text{ m}$$

## **B. Sedimentador de flujo horizontal – Canal de mezcla rápida tipo rampa.**

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta ( $Q_{md}$ )

$$Q_{md} = 29.64 \text{ L/seg}$$

- ✓ Longitud de la tubería ( L )

$$L = 27 \text{ m}$$

- ✓ Diámetro ( Ø )

$$\varnothing = 10 \text{ plg}$$

- ✓ Área ( A )

$$A_o = \frac{\sigma * d^2}{4}$$

$$A_o = \frac{3.1415 * \left(\frac{10 * 2.54}{100}\right)^2}{4}$$

$$A_o = 0.051 \text{ m}^2$$

- ✓ Velocidad (V).

$$V = \frac{Q_{md}}{A_o}$$

$$V = \frac{\left(\frac{29.64}{1000}\right)}{0.051}$$

$$V = 0.58 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

- ✓ Pérdida de carga por fricción ( hf )

$$h_f = L * \left( \frac{Q_{md}}{0.2785 * C * d^{2.63}} \right)^{1.85}$$

$$h_f = 27 * \left( \frac{\left(\frac{29.64}{1000}\right)}{0.2785 * 130 * (10 * 0.0254)^{2.63}} \right)^{1.85}$$

$$h_f = 0.040 \text{ m}$$

- ✓ Pérdida de carga por accesorios ( h<sub>kT</sub> )

- Codo 90°, Cant.(N) = 04 Und, k= 0.40, D=250 mm

Velocidad:

$$V = \frac{Q_{md}}{\frac{\sigma * d^2}{4}}$$

$$V = \frac{\left(\frac{29.64}{1000}\right)}{\frac{3.14 * \left(\frac{250}{1000}\right)^2}{4}}$$

$$V = 0.58 \text{ m/seg}$$

Pérdida de carga

$$h_{k1} = \frac{N * K * V^2}{2 * g}$$

$$h_{k1} = \frac{4 * 0.4 * 1.63^2}{2 * 9.81}$$

$$h_{k1} = 0.027 \text{ m}$$

- ✓ Pérdida de carga total (  $h_T$  )

$$h_T = H_f + h_{k1}$$

$$h_T = 0.040 + 0.027$$

$$h_T = 0.067 \text{ m}$$

### C. Canal de recolección de agua tratada – Cisterna de Almacenamiento,

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta (Qmd)

$$Q_{md} = 29.64 \text{ L/seg}$$

- ✓ Longitud de la tubería ( L )

$$L = 15 \text{ m}$$

- ✓ Diámetro (  $\emptyset$  )

$$\emptyset = 10 \text{ plg}$$

- ✓ Área ( A )

$$A_o = \frac{\sigma * d^2}{4}$$

$$A_o = \frac{3.1415 * (\frac{10 * 2.54}{100})^2}{4}$$

$$A_o = 0.051 \text{ m}^2$$

- ✓ Velocidad (V).

$$V = \frac{Q_{md}}{A_o}$$

$$V = \frac{(\frac{29.64}{1000})}{0.051}$$

$$V = 0.58 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

- ✓ Pérdida de carga por fricción (  $h_f$  )

$$h_f = L * (\frac{Q_{md}}{0.2785 * C * d^{2.63}})^{1.85}$$

$$h_f = 15 * (\frac{(\frac{29.64}{1000})}{0.2785 * 130 * (10 * 0.0254)^{2.63}})^{1.85}$$

$$h_f = 0.020 \text{ m}$$

- ✓ Pérdida de carga por accesorios (  $h_{kT}$  )

- Codo 90°, Cant.(N) = 04 Und,  $k = 0.40$ ,  $D = 250 \text{ mm}$

Velocidad:

$$V = \frac{Q_{md}}{\frac{\sigma * d^2}{4}}$$

$$V = \frac{\frac{(29.64)}{1000}}{\frac{3.14 * (\frac{250}{1000})^2}{4}}$$

$$V = 0.58 \text{ m/seg}$$

Pérdida de carga

$$h_{k1} = \frac{N * K * V^2}{2 * g}$$

$$h_{k1} = \frac{4 * 0.4 * 1.63^2}{2 * 9.81}$$

$$h_{k1} = 0.027 \text{ m}$$

- ✓ Pérdida de carga total (  $h_T$  )

$$h_T = h_f + h_{k1}$$

$$h_T = 0.020 + 0.027$$

$$h_T = 0.047 \text{ m}$$

### 3.2.5 OTROS

#### 3.2.5.1 Estimación del costo de operación de la Planta de Tratamiento

##### 3.2.5.1.1 Gastos Variable.

##### 2.6.1.1.1.1 Cálculo de la cantidad de insumos para la coagulación

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta (  $Q_{md}$  )

$$Q_{md} = 29.64 \text{ l/seg}$$

- ✓ Dosis máxima de coagulante (  $D_{max}$  )

$$D_{max} = 30 \text{ mg/L}$$

- ✓ Dosis mínima de coagulante (  $D_{min}$  )

$$D_{min} = 25 \text{ mg/L}$$

- ✓ Dosis promedia de coagulante (  $D_p$  )

$$D_p = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2}$$

$$D_p = \frac{30 + 25}{2}$$

$$D_p = 27.50 \text{ mg/L}$$

- ✓ Consumo promedio diario ( P )

$$P = D_p * Q_{md}$$

$$P = 27.5 * 29.64$$

$$P = 815.10 \text{ mg/seg}$$

$$P = 73.05 \text{ kg/dia}$$

- ✓ Consumo promedio mensual ( P<sub>M</sub> )

$$P_M = P * 30$$

$$P_M = 73.05 * 30$$

$$P_M = 2191.5 \text{ Kg/mes}$$

- ✓ Costo de sulfato de aluminio por kilogramo (Ps )

$$P_s = 4.5 \text{ soles/kg}$$

- ✓ Costo de sulfato de aluminio por mes (C<sub>SAL</sub>)

$$C_{SAL} = P_s * P_M$$

$$C_{SAL} = 4.50 * 2191.5$$

$$C_{SAL} = S/ 9,861,70$$

#### 2.6.1.1.1.2 Calculo de la cantidad de cloro (Desinfección)

- ✓ Caudal De Diseño De La Planta (Qmd)

$$Q_{md} = 29.64 \text{ l/seg}$$

- ✓ Dosis máxima de cloro (D<sub>max</sub>)

$$D_{\max} = 3.00 \text{ mg/L}$$

- ✓ Dosis mínima de cloro (D<sub>min</sub>)

$$D_{\min} = 1.00 \text{ mg/L}$$

- ✓ Dosis promedio de cloro (D<sub>p</sub>)

$$D_p = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2} = \frac{3 + 1}{2}$$

$$D_p = 2 \text{ mg/L}$$

- ✓ Peso de cloro requerido en el periodo de un día (P<sub>d</sub>)

$$P_d = Q_{md} * D_p$$

$$Pd = \frac{29.64 * 86.4 * 2}{1000}$$

$$Pd = 5.12 \text{ kg/dia}$$

- ✓ Peso de cloro requerido en el periodo de un mes (Pm)

$$Pm = Pd * 30$$

$$Pm = 5.12 * 30$$

$$Pm = 153.60 \text{ kg/mes}$$

- ✓ Costo de cloro gas líquido por kilogramo (Ps )

$$Ps = 9.5 \text{ soles/kg}$$

- ✓ Costo de cloro gas líquido por mes (P<sub>CG</sub> )

$$P_{CG} = Ps * Pm$$

$$P_{CG} = 9.50 * 153.60$$

$$P_{CG} = S/.1459.20$$

#### **2.6.1.1.1.3** Calculo de la cantidad de energía eléctrica (Electrobombas)

- ✓ Electrobomba en captación capacidad 12 HP

$$\text{Capacidad} = 12 \text{ HP}$$

- ✓ Electrobomba sistema cloración capacidad 0.5 HP

$$\text{Capacidad} = 0.5 \text{ HP}$$

- ✓ Calculo de Kilowatts por hora

$$\text{Cap. Total} = 12 \text{ HP} + 0.5 \text{ HP}$$

$$\text{Cap. Total} = 12.50 \text{ HP}$$

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ Watts /hora}$$

$$\text{Cap. Total hora} = 12.50 * 0.746$$

$$\text{Cap. Total hora} = 9.33$$

- ✓ Calculo de Kilowatts por día

$$\text{Dia} = 24 \text{ horas de funcionamiento}$$

$$\text{Cap. Total dia} = 9.33 * 24$$

$$\text{Cap. Total dia} = 223.92 \text{ KW}$$

- ✓ Calculo de Kilowatts por mes

$$\text{Cap. Total mes} = 223.92 * 30 = 6717.60 \text{ KW}$$

- ✓ Calculo de Kilowatts por otros al mes

$$\text{Cap. Total mes} = 1200 \text{ kW}$$

- ✓ Precio de Kilowatts (P)

$$P = 0.75 \text{ soles/ kW}$$

✓ Costo por mes de energía eléctrica (Ce)

$$Ce = \left(0.75 \frac{\text{soles}}{\text{Kw}}\right) * (6717.60 + 1200)$$

$$Ce = \left(0.75 \frac{\text{soles}}{\text{Kw}}\right) * (7917.60)$$

$$Ce = S/. 5938.20$$

### 3.2.5.1.2 Gastos Fijos

#### 3.2.5.1.2.1 Calculo del costo del personal de Operación.

<b>PERSONAL TECNICO</b>	<b>SUELDO/MES</b>
ING. SANITARIO	S/. 3500
TECNICO EN QUIMICA	S/. 2500
TECNICO BIOLOGO	S/. 2500
ADMINISTRADOR	S/. 2500
SECRETARIA	S/. 1000
CONTADOR	S/. 2500
<b>TOTAL =</b>	<b>S/. 14500</b>

#### 3.2.5.1.3 Resumen de costo.

<b>RESUMEN</b>	<b>PRECIO</b>
INSUMOS- SULF. ALUMINIO	S/. 9861.70
INSUMOS-CLORO	S/. 1459.20
ENERGIA ELECTRICA	S/. 5938.20
PERSONAL OPERACION	S/. 14500.00
<b>TOTAL =</b>	<b>S/. 31759.10</b>

**3.2.5.1.3.1** Costo por M<sup>3</sup> de agua potable.

RESUMEN	PRECIO
PRODUCCION DE LA PLANTA POR ( <b>V</b> ) = 76, 827.00 M <sup>3</sup> /Mes	-
GASTO EN OPERACION ( <b>C</b> )	S/. 31759.10
COSTO M <sup>3</sup> ( <b>S/. = C/V</b> )	S/. 0.41



## IV. RESULTADOS

### 4.1 La fuente de abastecimiento.

La fuente de abastecimiento para el sistema de agua potable, es del tipo superficial que la compone el agua del río Huallaga.

### 4.2 Análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua (cruda).

Del análisis realizado a la muestra (agua del río Huallaga), se obtuvieron los siguientes resultados; según el reglamento de calidad de agua para consumo humano algunos valores no cumplen con los límites máximos permisibles y según los estándares nacionales de calidad ambiental para agua se clasifica en la categoría 1 – A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (Decantación, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección).

DESCRIPCION	UND.	ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
<b><u>FÍSICOS - QUÍMICOS</u></b>				
TURBIEDAD	UNT	5.00	16.90	NO CUMPLE
TEMPERATURA	° C	-	24.50	SI CUMPLE
p H	-	6.5 - 8.5	8.01	SI CUMPLE
COLOR	UC	15.00	50.00	NO CUMPLE
ALCALINIDAD TOTAL	-		68.00	
DUREZA TOTAL	mg / L	500.00	77.47	SI CUMPLE
CLORUROS	mg / L	250	18.31	SI CUMPLE
SULFATOS	mg / L	250	16.66	SI CUMPLE
SOLIDOS TOTALES	mg / L	1000	220.00	SI CUMPLE
NITRATOS	mg / L	50	0.64	SI CUMPLE
BORO	mg / L	2.40	< 0.050	SI CUMPLE
SODIO	mg / L	200	14.67	SI CUMPLE
MAGNESIO	mg / L		3.749	SI CUMPLE
MANGANESO	mg / L	0.400	0.0748	SI CUMPLE
HIERRO	mg / L	0.300	1.00	NO CUMPLE
COBRE	mg / L	2.000	< 0.003	SI CUMPLE
ZINC	mg / L	3.000	0.00725	SI CUMPLE
CADMIO	mg / L	0.003	< 0.0002	SI CUMPLE
PLOMO	mg / L	0.010	< 0.0002	SI CUMPLE
<b><u>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</u></b>				
COLIFORMES TOTALES 35°C	NMP/100 MI	0.00	3.50E+03	NO CUMPLE
TERMOTOLERANTES 44.5°C	NMP/100 MI	0.00	4.90E+02	NO CUMPLE

### 4.3 Caudal de diseño de la planta de tratamiento de agua potable.

La planta de tratamiento de agua potable de filtración rápida, se diseñó con el caudal máximo diario Q<sub>md</sub>= 29.64 l/seg y con un tiempo de funcionamiento de 24 horas al día.

## **4.4 Unidades de tratamiento.**

### **4.4.1 Ponto Flotante De Metal**

En el pontón flotante se ha considerado dos (02) electrobombas de 12 HP de capacidad con un tiempo de funcionamiento 12 horas al día cada una y alternadamente para impulsar el agua del río Huallaga hacia las unidades de tratamiento (Sedimentador de flujo horizontal).

### **4.4.2 Sedimentador de flujo horizontal**

El Sedimentador tiene dos naves o compartimientos con las siguientes dimensiones interiores largo  $L = 23.00$  m,  $A = 4.00$  m y altura máxima  $H_{max} = 3.05$  m, con un tiempo de retención del agua  $T = 175$  min.

### **4.4.3 Sala de dosificación y/o casa química**

La sala de dosificación proyectada tiene cuatro (04) tanques de concreto de los cuales dos (02) serán para realizar la solución de Sulfato de Aluminio y las otras dos restantes en caso sea necesario aplicar polímeros o cal en alguna época del año.

La aplicación del coagulante se realiza con una dosis promedio de  $27.5$  mg/L y una concentración de 1.5% se efectuara en la unidad de mezcla rápida, lugar donde se genera el resalto hidráulico, mediante un difusor de 0.25 pulgadas de diámetro con 10 orificios de 3.00 mm separados a 0.05 m centro a centro.

### **4.4.4 Canal de Mezcla Rápida**

La unidad de mezcla rápida es del tipo rampa, consistente en una caja de ingreso de  $0.50 \times 0.45$  en sección, seguida de una rampa de 0.45 m de alto, 0.45 m de ancho y 1.00 m de longitud.

El diseño cumple con las recomendaciones produciéndose un Número de Froude de 6.18, por lo que el resalto será estable, un gradiente de velocidad de  $1,259$  s<sup>-1</sup> y un tiempo de retención de 2.00 segundos. En el origen del resalto irá ubicado el difusor de 0.25" de diámetro, para aplicar el Sulfato de Aluminio. Al final del resalto (1.15 m de la base de la rampa), se considerará una grada de 5 cm. de alto. Con el caudal de diseño de  $29.64$  L/s, la altura del agua en el vertedero que se forma en la coronación de la rampa será de 0.10 m.

#### 4.4.5 Floculador

Está conformado por tres tramos de diferentes anchos, 3.20, 2.55 y 2.60 m respectivamente, 1.20 m de profundidad, 3.95 ,4.75 y 4.20 m de largo.

El primer tramo tendrá canales de 0.11m de espesor de pantallas, conformadas por planchas de madera de  $e= 0.025$  m de espesor, el segundo tramo tendrá canales de 0.14 m de espesor de pantallas, conformadas por planchas de madera de  $e= 0.025$  m de espesor y el tercer tramo tendrá canales de 0.20 m de espesor de pantallas, conformadas por planchas de madera de  $e= 0.025$  m de espesor.

Operando el floculador con caudal de diseño los parámetros de la unidad: gradiente de velocidad y tiempo de floculación, van a variar de acuerdo a lo indicado en el cuadro.

Tramos	Gradientes óptimas G (s-1)	Q =29.64 l/s	
		T (min)	Hf (m)
1	74.60	7.00	0.21
2	54.76	7.00	0.12
3	33.89	7.00	0.05
TOTAL=	-	21.00	0.38

#### 4.4.6 Canal De Distribución Uniforme De Agua Floculada

De 0.45 m de ancho y altura útil variable entre 0.80 y 0.40 m., su función es distribuir uniformemente el caudal a dos decantadores a través de dos orificios de 0.15 m de ancho por 0.40 m de altura útil, en los que al paso del agua se producirá un gradiente de velocidad aceptable de  $28.63 \text{ s}^{-1}$ , en estas condiciones, la diferencia de distribución de caudal entre la primera y la última unidad será de 0.00 %.

#### 4.4.7 Decantadores de placas

Esta unidad se compone de las siguientes estructuras: canal longitudinal de distribución de agua floculada paralelo a los módulos de placas, zona de decantación de placas, sistema de recolección de agua decantada y sistema de almacenamiento y extracción hidráulica de los lodos.

- **Tubería De Distribución De Agua Floculada A Lo Largo Del Módulo De Placas.**

Para distribuir el agua floculada por debajo de las placas, se ha considerado dos tuberías de 400 mm de diámetro 3.70 m de largo, cada una con hileras de orificios con un espaciamiento de 25 cm de eje a eje. Con este diseño se conseguirá una desviación del caudal entre el primer y el ultimo orificio de 4.90% y el gradiente de velocidad al paso por los orificios será de 36.53 s<sup>-1</sup>.

- **Zona de decantación**

Teniendo en cuenta los resultados del estudio realizado en el laboratorio, se han considerado 2 unidades de decantación diseñadas para una tasa real de 55 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x d. El módulo estará compuesto por placas de 2.40 m de ancho, 1.20 m de alto, espaciamiento entre placas es 12.10 cm y 0.60 mm de espesor, inclinadas a 60°. Las placas son de vinilo reforzadas con hilos de poliéster de alta tenacidad (KP 500 ó 1,000), recubiertas por ambos lados con PVC de formulación especial; con bastas en todo el contorno y cabos o refuerzos internos en los cuatro lados.

- **Sistema de almacenamiento y extracción hidráulica de lodos**

Cada unidad tiene un sistema de almacenamiento de lodos consistente en una tolva en forma de troncos de pirámide.

La tolva tiene una dimensiones de 3.70 m x 2.40 m y 1.00 m de altura. La tasa de producción de lodos estimada es de 0.005 litros de lodo por cada l/s de agua tratada. El volumen total de almacenamiento por decantador es de 2.97 m<sup>3</sup> y, lo que permita una frecuencia máxima de descarga de 11.13 horas.

En el vértice de cada tolva se ha considerado un orificio de 4" de diámetro, por el que ingresará el lodo a un colector a través del cual se eliminara el lodo de las tolvas.

#### **4.4.8 Batería de filtros rápidos de tasa declinante y lavado mutuo**

El sistema ha sido diseñado para una tasa de filtración de 150m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x d y una velocidad de lavado de 0.50 m/min. En estas condiciones se requiere de cinco filtros de 3.55 m<sup>2</sup> cada uno y de una carga hidráulica de 1.03 m para que un filtro se lave con el flujo que producen los otros. El lecho filtrante apropiado para la velocidad de lavado seleccionada, es un medio simple de arena de 0.80 m de espesor. Con este material se obtendría una expansión promedio de 28.90 % operando con un caudal de 29.64 l/s.

El drenaje considerado es de viguetas de concreto prefabricadas de 0.30 m de ancho y 0.25 m de alto, según se detallan en los planos respectivos. La distribución de tamaños y alturas de grava apropiadas a este tipo de drenaje se indican en el cuadro.

Especificaciones de la capa soporte de grava para

#### Viguetas prefabricadas

Capa	Espesor (cm.)	Tamaño (pgd)
1	7.5	1/8" – 1/4"
2	7.5	1/4 " - 1/2"
3	7.5	1/2" – 3/4"
4	10.0	3/4" – 1 1/2"
Fondo	12.5	1 1/2" – 2"
Total	45.0	

Las instalaciones de filtración comprenden un canal de distribución de agua decantada de 0.80 m de ancho con válvulas de mariposa de 150 mm de diámetro para ingresar el agua decantada a cada filtro. En este canal está ubicado el aliviadero de control de nivel máximo.

Cada filtro tiene un canal de aislamiento de 0.60 m de ancho, el cual se comunica con el canal de interconexión de la batería mediante una compuerta de 0.25 x 0.25 m de sección

#### 4.4.9 Sala de cloración

Se ha diseñado una sala de cloración para dar servicio a la planta que se abastece de la fuente de río Huallaga. La sala está compuesta por dos ambientes: sala de cloradores y almacén de cilindros de cloro.

En el diseño se ha asumido una dosis máxima de 3 mg/l y se han seleccionado un equipo de aplicación al vacío de 750 gr/h de capacidad, con sus respectivas bombas de

alimentación a los cloradores. El almacén tiene capacidad para 7 cilindros de 68 kilos para un periodo de 90 días.

#### 4.4.10 Cámara De Contacto y/o Cisterna de almacenamiento.

El volumen de la cisterna es VCI= 430 m<sup>3</sup> y de la cámara de contacto VCA= 44.50 m<sup>3</sup> con un tiempo de retención o contacto de 25 minutos; solo se plantea o considera la cisterna de almacenamiento porque el volumen es mayor, por tal motivo se cumplirá el tiempo de contacto mínimo de 24 minutos del agua con el cloro.

#### 4.5 Análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua (Tratada).

Bajo los ensayos realizados en laboratorio se obtuvo una agua tratada con las siguientes características:

DESCRIPCION	UND.	ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
<b><u>FÍSICOS - QUÍMICOS</u></b>				
TURBIEDAD	UNT	5.00	1.50	SI CUMPLE
TEMPERATURA	° C	-	24.50	-
p H	-	6.5 - 8.5	8.01	SI CUMPLE
COLOR	UC	15.00	0.00	SI CUMPLE
ALCALINIDAD TOTAL	-		68.00	SI CUMPLE
DUREZA TOTAL	mg / L	500.00	77.47	SI CUMPLE
CLORUROS	mg / L	250	18.31	SI CUMPLE
SULFATOS	mg / L	250	16.66	SI CUMPLE
SOLIDOS TOTALES	mg / L	1000	220.00	SI CUMPLE
NITRATOS	mg / L	50	0.64	SI CUMPLE
BORO	mg / L	2.40	< 0.050	SI CUMPLE
SODIO	mg / L	200	14.67	SI CUMPLE
MAGNESIO	mg / L		3.749	SI CUMPLE
MANGANESO	mg / L	0.400	0.0748	SI CUMPLE
HIERRO	mg / L	0.300	0.10	SI CUMPLE
COBRE	mg / L	2.000	< 0.003	SI CUMPLE
ZINC	mg / L	3.000	0.00725	SI CUMPLE
CADMIO	mg / L	0.003	< 0.0002	SI CUMPLE
PLOMO	mg / L	0.010	< 0.0002	SI CUMPLE
<b><u>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</u></b>				
COLIFORMES TOTALES 35°C	NMP/100 MI	0.00	0.00	SI CUMPLE
COLIFORMES TERMOTOLERANTES 44.5°C	NMP/100 MI	0.00	0.00	SI CUMPLE

## **V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **5.1 La fuente de abastecimiento.**

La fuente superficial de agua ( Río Huallaga) donde se captara para el abastecimiento del sistema de agua potable, nos garantiza durante todo el año la disponibilidad del recurso hídrico, es decir el caudal de dicha fuente en épocas de estiaje ( $Q_{rio} = 974 \text{ m}^3/\text{seg}$ ) es mucho mayor al requerido ( $Q_{md} = 29.64 \text{ l/seg}$ ).

### **5.2 Análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua (cruda).**

De los análisis realizados al agua cruda de la fuente se ha obtenido que las características y/o concentración de sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua algunos superan los valores de los límites máximos permisibles indicados en el reglamento de calidad del agua para consumo humano, motivo por el cual se sometió a un tratamiento con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población. Dicho tratamiento comprende los procesos unitarios de sedimentación, coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección.

### **5.3 Unidades de tratamiento.**

Los cálculos realizados en el diseño son fundamentales ya que a partir de estos se establece el dimensionamiento de las unidades de tratamiento, que a su vez son estas la que definen la capacidad de producción de la planta y la calidad del efluente (agua tratada). En este tipo de plantas o tecnología el equipamiento (unidades de tratamiento) ha sido reducido al mínimo imprescindible; los procesos se generan mediante energía hidráulica; el 100% de las estructuras son simplemente obras civiles. Por lo tanto es fácil construir con los recursos disponibles en nuestro medio, sencilla de operar por no tener ningún mecanismo o equipo complicado y por consiguiente, el mantenimiento también es fácil, económico.

### **5.4 Selección de alternativa**

No ha sido necesaria la selección de alternativa debido a que el diseño hidráulico de la planta tratamiento de filtración rápida, como estructura constituye por sí una sola alternativa.

### **5.5 Contrastación de la Hipótesis.**

El Diseño hidráulico de la planta de tratamiento de filtración rápida en la localidad de San Cristóbal de Sisa, resuelve el problema de inoperatividad del sistema existente a través del suministro de agua para consumo humano cumpliendo con los requisitos establecidos en el reglamento Nacional de calidad.



## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

#### 6.1.1 Análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua (cruda).

De los análisis realizados al agua cruda de la fuente , se obtuvo que las características y/o concentración de sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua algunos de estos superan los valores de los límites máximos permisibles indicados en el reglamento de calidad del agua para consumo humano, motivo por el cual se sometió a un tratamiento con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población. Dicho tratamiento comprende los procesos unitarios de sedimentación, coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección.

De igual manera según los estándares nacionales de calidad ambiental para agua se clasifico en la categoría 1 – A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (Decantación, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección).

Por otro lado resultados obtenidos de los análisis del agua tratada, cumple con los requisitos ( límites máximos permisibles) establecidos en el reglamento de calidad del agua para consumo humano. En tal sentido el suministro de este servicio cumple con los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos

DESCRIPCION	UND.	ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
<b><u>FÍSICOS - QUÍMICOS</u></b>				
TURBIEDAD	UNT	5.00	16.90	NO CUMPLE
TEMPERATURA	°C	-	24.50	SI CUMPLE
pH	-	6.5 - 8.5	8.01	SI CUMPLE
COLOR	UC	15.00	50.00	NO CUMPLE
ALCALINIDAD TOTAL	-		68.00	
DUREZA TOTAL	mg / L	500.00	77.47	SI CUMPLE
CLORUROS	mg / L	250	18.31	SI CUMPLE

SODIO	mg / L	200	14.67	SI CUMPLE
MAGNESIO	mg / L		3.749	SI CUMPLE
MANGANESO	mg / L	0.400	0.0748	SI CUMPLE
HIERRO	mg / L	0.300	1.00	NO CUMPLE
COBRE	mg / L	2.000	< 0.003	SI CUMPLE
ZINC	mg / L	3.000	0.00725	SI CUMPLE
CADMIO	mg / L	0.003	< 0.0002	SI CUMPLE
PLOMO	mg / L	0.010	< 0.0002	SI CUMPLE
<b><u>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLOGICOS</u></b>				
COLIFORMES TOTALES 35°C	NMP/100 MI	0.00	3.50E+03	NO CUMPLE
TERMOTOLERANTES 44.5°C	NMP/100 MI	0.00	4.90E+02	NO CUMPLE

DESCRIPCION	UND.	ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
<b><u>FÍSICOS - QUÍMICOS</u></b>				
TURBIEDAD	UNT	5.00	1.50	SI CUMPLE
TEMPERATURA	°C	-	24.50	-
pH	-	6.5 - 8.5	8.01	SI CUMPLE
COLOR	UC	15.00	0.00	SI CUMPLE
ALCALINIDAD TOTAL	-		68.00	SI CUMPLE
DUREZA TOTAL	mg / L	500.00	77.47	SI CUMPLE
CLORUROS	mg / L	250	18.31	SI CUMPLE
SULFATOS	mg / L	250	16.66	SI CUMPLE
SOLIDOS TOTALES	mg / L	1000	220.00	SI CUMPLE
NITRATOS	mg / L	50	0.64	SI CUMPLE
BORO	mg / L	2.40	< 0.050	SI CUMPLE
SODIO	mg / L	200	14.67	SI CUMPLE
MAGNESIO	mg / L		3.749	SI CUMPLE
MANGANESO	mg / L	0.400	0.0748	SI CUMPLE
HIERRO	mg / L	0.300	0.10	SI CUMPLE
COBRE	mg / L	2.000	< 0.003	SI CUMPLE
ZINC	mg / L	3.000	0.00725	SI CUMPLE
CADMIO	mg / L	0.003	< 0.0002	SI CUMPLE
PLOMO	mg / L	0.010	< 0.0002	SI CUMPLE
<b><u>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLOGICOS</u></b>				
COLIFORMES TOTALES 35°C	NMP/100 MI	0.00	0.00	SI CUMPLE
COLIFORMES TERMOTOLERANTES 44.5°C	NMP/100 MI	0.00	0.00	SI CUMPLE

### **6.1.2 Ensayo de pruebas de jarras.**

En el ensayo realizado en el laboratorio de Emapa San Martín, se obtuvieron los siguientes parámetros de diseño para las unidades de tratamiento.

- El sulfato de aluminio se utilizara como compuesto químico en el proceso de coagulación con un rango de dosis  $D_{\max} = 30 \text{ mg/L}$  y  $D_{\min} = 25 \text{ mg/L}$  para el tratamiento del agua.
- Para la unidad de tratamiento del Sedimentador de flujo horizontal se ha obtenido un tiempo de retención de 180 min.
- La unidad de mezcla rápido tipo rampa, se obtuvo un tiempo de retención  $T = 5$  segundos y una gradiente  $G = 1100 \text{ S}^{-1}$
- Para el diseño del floculador de flujo horizontal de tres tramos, se obtuvieron los tiempos de retención y gradiente de velocidad de  $T = 7 \text{ min}$  y  $G = 74 \text{ s}^{-1}$  para el primer tramo,  $T = 7 \text{ min}$  y  $G = 55 \text{ s}^{-1}$  para el segundo tramo, de  $T = 7 \text{ min}$  y  $G = 33.89 \text{ s}^{-1}$  para el tercer tramo.
- Para la unidad de decantación se obtuvo una carga superficial  $55 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ , velocidad de sedimentación  $V = 0.064 \text{ cm/seg}$  y tasa de remoción de lodos  $R = 0.005 \text{ L/l} \cdot \text{seg}$ .
- Para la demanda de cloro se obtuvo una dosis de  $D_c = 3.00 \text{ mg/L}$ .

### **6.1.3 La fuente de abastecimiento y caudal de diseño**

La planta de tratamiento de agua potable de tecnología CEPIS, se diseñó con el caudal máximo diario  $Q_{md} = 29.64 \text{ l/seg}$  y con un tiempo de funcionamiento de 24 horas al día.

La fuente superficial de agua ( Río Huallaga) de la cual se captara para el abastecimiento del sistema de agua potable, garantiza durante todo el año la disponibilidad del recurso hídrico, es decir el caudal de dicha fuente en épocas de estiaje ( $Q_{rio} = 974 \text{ m}^3/\text{seg}$ ) es mucho mayor al requerido ( $Q_{md} = 29.64 \text{ l/seg}$ ).

### **6.1.4 Unidades de tratamiento.**

Bajo los parámetros obtenidos en el laboratorio se diseñó las siguientes unidades de tratamiento necesarias para potabilizar el agua del río Huallaga.

- Ponto flotante de metal: En el pontón flotante se ha considerado dos (02) electrobombas de 12 HP de capacidad con tiempo de funcionamiento 12 horas al día cada una, funcionando alternadamente para impulsar el agua del río Huallaga hacia las unidades de tratamiento (Sedimentador de flujo horizontal).

- Sedimentador de flujo horizontal: El Sedimentador tiene dos naves o compartimientos con las siguientes dimensiones interiores largo  $L = 23.00$  m,  $A = 4.00$  m y altura máxima  $H_{max} = 3.05$  m, con un tiempo de retención  $T = 175$  min.
- Canal de mezcla rápida tipo rampa: El canal tiene las siguientes dimensiones Ancho  $A = 0.45$  m, Largo  $L = 1.00$ , con una pendiente de  $S = 45.00\%$ .
- Floculador de flujo horizontal: Esta unidad tiene tres tramos con diferentes velocidades cada uno; el primer, segundo y tercer tramo tiene canales de ancho  $a = 0.11$  m,  $a = 0.14$  m y  $a = 0.20$  m respectivamente.
- Decantadores laminares con placas: Para el proceso de decantación se ha calculado dos (02) unidades de decantación con placas de dimensiones  $L = 3.70$  m,  $A = 2.40$  m, cada una de estas tiene placas inclinadas con una separación  $e = 12.10$  cm.
- Filtros rápidos de tasa declinante y lavado mutuo: Para el proceso de filtración en el tratamiento del agua se ha considerado una batería de filtros de filtración rápida compuesta por 5 filtros de  $L = 2.10$  m de longitud y  $A = 1.70$  m de ancho, con un espesor de arena en su interior de 0.80 m.
- Sala de cloración: Para el proceso de desinfección del agua tratada se ha considerado un sistema de cloración al vacío, consta de 07 cilindros de gas de capacidad de 75 kilos con un tiempo de almacenamiento de 90 días, además para el funcionamiento del sistema al vacío según los cálculos se ha considerado una bomba de 1/3 hp de capacidad.
- Cámara de contacto y/o Cisterna de almacenamiento: El volumen de la cisterna es  $V_{CI} = 430$  m<sup>3</sup> y de la cámara de contacto  $V_{CA} = 44.50$  m<sup>3</sup> con un tiempo de retención o contacto de 25 minutos; solo se plantea o considera la cisterna de almacenamiento porque el volumen es mayor, por tal motivo se cumplirá el tiempo de contacto mínimo de 24 minutos del agua con el cloro.

#### **6.1.5 Costo De Operación Y Mantenimiento.**

El costo de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable es S/. 31759.10 al mes, que por metro cubico de agua seria S/. 0.41 un costo aceptable comparando con otras ciudades del país.

#### **6.2 RECOMENDACIONES.**

- Se recomienda que la planta de tratamiento funcione con el caudal diseñado, controlando a través del vertedero ubicado en el Sedimentador. La medición precisa del

caudal de operación de la planta es de gran importancia, ya que sobre la base del caudal se define todo el proceso de tratamiento calculado previamente.

- Contar con un laboratorio debidamente equipado con el material y personal adecuados para efectuar el control de la calidad del agua producida mediante análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizadas a partir de muestreos, tanto a la salida de la planta como en diversos puntos de la red de distribución.
- Durante el proceso constructivo de la planta de tratamiento respetar las dimensiones de las unidades de tratamiento indicas en los plano, para poder cumplir con los parámetros de diseño obtenidos en laboratorio ensayo de pruebas de jarras y así optimizar los procesos produciendo la máxima eficiencia remocional.
- La Unidad de Gestión del servicio de saneamiento (UGSS), debe realizar charlas de educación sanitarias, para promover estilos de vida saludables (hábitos, costumbres, comportamientos) a partir de las necesidades específicas del individuo, familia o comunidad comprendiendo un conjunto de actividades educativas.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- AGÜERO PITTMAN, Roger .Agua Potable Para Poblaciones Rurales.
- ANDÍA CÁRDENAS, Yolanda. Tratamiento de Agua Coagulación y Floculación.
- CAMINATI BRICEÑO, Alessandra María; CAQUI FEBRE, Rocío Catherine. Análisis y Diseño de Sistemas de Tratamiento de Agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura.
- CEPIS/OPS. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Teoría. Tomo I.
- DESTÉFANO MOLERO, Javier Adolfo. Diseño preliminar de una planta de tratamiento de agua para el consumo humano en los distritos de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera de la Reyna, provincia de Andahuaylas, Región Apurímac.
- <http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/agua-potable.php>.
- PROGRAMA NACIONAL DE SANEAMIENTO URBANO, Guía de orientación para elaboración expediente técnico de proyectos de saneamiento.
- REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO,
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, Ds n° 011-2006-vivienda, Habilitaciones urbanas, Obras de saneamiento.

## VIII. ANEXO

### 8.1 TABLAS

**TABLA N° 0 10: COMPROBACIÓN DE LA DESVIACIÓN DEL CAUDAL EN EL CANAL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FLOCULADA A VARIOS DECANTADORES**

N°	Q(M3/S)	X(m)	Y(m)	AX(m2)	VC(m/s)	VC/VL	$\sqrt{\beta 1}$	$1/\sqrt{\beta 1}$	VL(m/s)
1	0.0297	0.00	0.80	0.36	0.08	0.29	1.36	0.737	0.280
2	0.0148	2.40	0.40	0.18	0.08	0.29	1.36	0.736	0.281

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 0 11: TASAS USUALES DE FILTRACIÓN EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE OPERACIÓN**

Discriminación		Tasa de filtración (m³/m²/día)
Filtración rápida descendente con tasa declinante		
a)	De agua decantada, en medio filtrante único de arena con tamaño efectivo (T. E.) de 0,50 a 0,60 mm y espesor alrededor de 0,80 metros.	120 - 150
b)	De agua floculada o prefloculada, en medio filtrante grueso y único, con espesor superior a un metro y uso de polímero como auxiliar (filtración directa)	240 - 360
c)	De agua decantada en medio filtrante doble, con espesor total inferior a 0,80 metros y buen nivel de operación y mantenimiento.	240 - 360

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano

**TABLA N° 0 12: LECHO FILTRANTE SIMPLE DE ARENA SOLA**

Características	Símbolo	Criterio
Espesor (cm)	$L_1$	60 – 80
Tamaño efectivo (mm)	$D_{10}$	0,50 – 0,80
Coefficiente de uniformidad	CU	$\leq 1,5$
Tamaño más fino (mm)		0,42
Tamaño más grueso (mm)	$D_{90}$	2,0

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano.

**TABLA N° 0 13: PROPIEDADES TÍPICAS DE MEDIOS  
FILTRANTES COMUNES PARA FILTROS DE LECHO GRANULAR**

Características	Arena sílice	Carbón de antracita	Carbón activado granular	Granate Idaho
Densidad del material ( $\rho_s$ ) (g/cm <sup>3</sup> )	2,65	1,45 – 1,73	1,3 – 1,5*	4,0 – 4,2
Porosidad perdida del lecho ( $\epsilon_0$ )	0,42 – 0,47	0,56 – 0,60	0,50	0,45 – 0,65
Esfericidad ( $C_e$ )	0,7 – 0,8	0,46 – 0,60	0,75	0,60

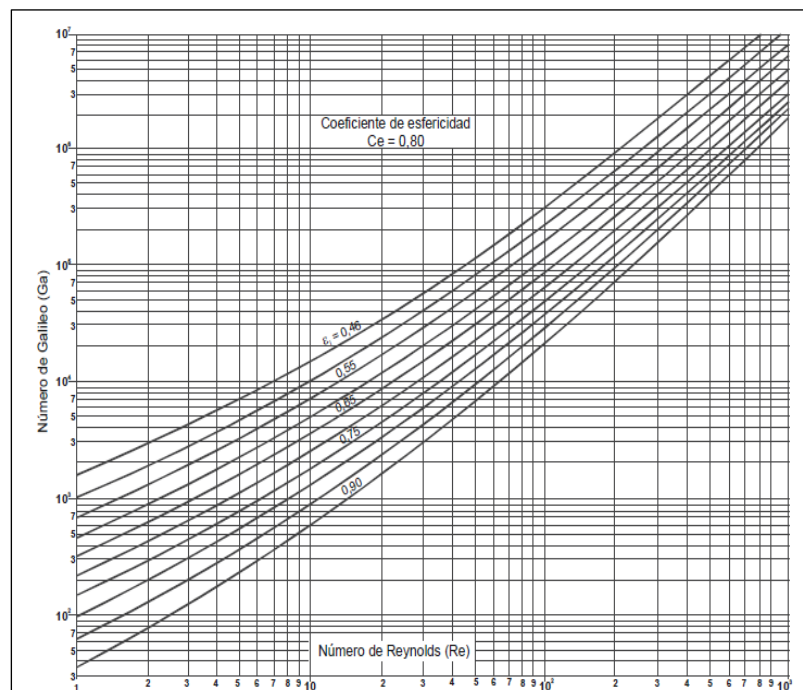
Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano.

**TABLA N° 0 14: TAMAÑOS COMERCIALES DE CLORADORES**

Capacidad del clorador <sup>a</sup>		Temperatura ambiente mínima <sup>b</sup>	
g/h	lb/día	°C	°F
—	100	24,0	75
1.400	75	13,3	56
750	40	2,0	36
280	15	- 3,0	26
120	6	- 5,0	23
50	2	- 5,6	22

Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para  
Consumo Humano.

**GRAFICO N° 0 21: POROSIDAD DEL LECHO EXPANDIDO ( $\epsilon_i$ ) EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE  
GALILEO (Ga) Y DEL NÚMERO DE REYNOLDS  
(Re) PARA  $C_e = 0,80$**

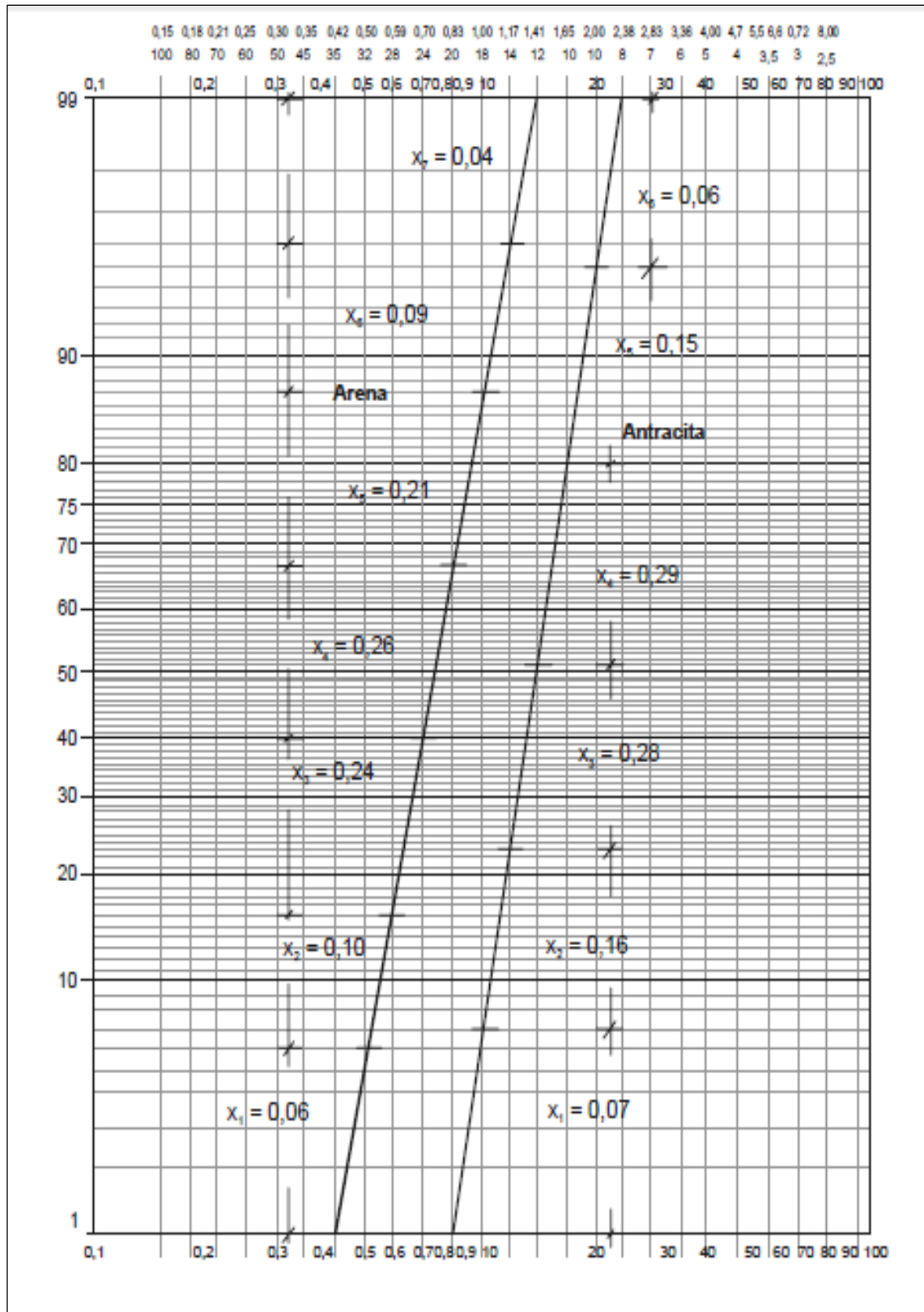


Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano.



## GRAFICO N° 0 22: GRANULOMETRÍA DEL MEDIO

### FILTRANTE SELECCIONADO



Fuente: CEPIS/OPS- Tratamiento De Agua Para Consumo Humano.

## 8.2 PANEL FOTOGRAFICO

### 8.2.1 PANEL FOTOGRAFICO DE TRABAJOS DE TOPOGRAFIA



**FOTOGRAFIA N°01:** Lugar donde se realiza el proyecto de investigación (Terreno donde se proyecta la construcción de la planta de tratamiento de agua potable)



**FOTOGRAFIA N°02:** Lugar donde se realiza el proyecto de investigación (Terreno donde se proyecta la construcción de la planta de tratamiento de agua potable)





**FOTOGRAFIA N°03:** Trabajos de levantamiento topográfico en el lugar donde se realiza el proyecto de investigación (Terreno donde se proyecta la construcción de la planta de tratamiento de agua potable)



**FOTOGRAFIA N°04:** Trabajos de levantamiento topográfico en el lugar donde se realiza el proyecto de investigación (Terreno donde se proyecta la construcción de la planta de tratamiento de agua potable)





**FOTOGRAFIA N°05:** Trabajos de levantamiento topográfico en el lugar donde se realiza el proyecto de investigación (Terreno donde se proyecta la construcción de la planta de tratamiento de agua potable)



**FOTOGRAFIA N°06:** Trabajos de levantamiento topográfico en el lugar donde se realiza el proyecto de investigación (Terreno donde se proyecta la construcción de la planta de tratamiento de agua potable)





**FOTOGRAFIA N°07:** Trabajos de levantamiento topográfico en el lugar donde se realiza el proyecto de investigación (Terreno donde se proyecta la construcción de la planta de tratamiento de agua potable)



**FOTOGRAFIA N°08:** Trabajos de levantamiento topográfico en el lugar donde se realiza el proyecto de investigación (Terreno donde se proyecta la construcción de la planta de tratamiento de agua potable)

### 8.2.2 PANEL FOTOGRAFICO DE ENSAYO DE PRUEBAS DE JARRAS – EMAPA SAN MARTIN.



**FOTOGRAFIA N°09:** Zona donde se proyecta la captación de agua del río Huallaga del proyecto de investigación.



**FOTOGRAFIA N°10:** Zona donde se proyecta la captación de agua del río Huallaga del proyecto de investigación.





**FOTOGRAFIA N°11:** Obteniendo muestra de agua del rio Huallaga para el ensayo de pruebas de jarras y los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.



**FOTOGRAFIA N°12:** Obteniendo muestra de agua del rio Huallaga para el ensayo de pruebas de jarras y los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.



**FOTOGRAFIA N°13:** Obteniendo muestra de agua del rio Huallaga para el ensayo de pruebas de jarras y los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.



**FOTOGRAFIA N°14:** Obteniendo muestra de agua del rio Huallaga para el ensayo de pruebas de jarras y los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.





**FOTOGRAFIA N°15:** Realizando el ensayo de pruebas de jarras para obtener de los parámetros de diseño de la PTAP en el laboratorio de Emapa San Martin.



**FOTOGRAFIA N°15:** Midiendo la turbidez, alcalinidad, color y otros elementos del agua cruda en el laboratorio de Emapa San Martin.



**FOTOGRAFIA N°16:** Midiendo la turbidez, alcalinidad, color y otros elementos del agua cruda en el laboratorio de Emapa San Martin.



**FOTOGRAFIA N°17:** Adición del coagulante (Sulfato de aluminio) al agua cruda en el laboratorio de Emapa San Martin.





**FOTOGRAFIA N°18:** Realizando el ensayo de pruebas de jarras; extracción de agua tratada en el laboratorio de Emapa San Martin.



**FOTOGRAFIA N°19:** Realizando el ensayo de pruebas de jarras; extracción de la muestra tratada en el laboratorio de Emapa San Martin.



**FOTOGRAFIA N°20:** Realizando el ensayo de pruebas de jarras; midiendo la turbidez del agua tratada en el laboratorio de Emapa San Martin.



**FOTOGRAFIA N°21:** Realizando el ensayo de pruebas de jarras; midiendo el PH, alcalinidad y otros elementos del agua tratada en el laboratorio de Emapa San Martin.



### 8.2.3 PANEL FOTOGRAFICO DE VISITA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE TARAPOTO -CACHİYACU



**FOTOGRAFIA N°22:** Planta de tratamiento agua potable de Cachiyacu con capacidad de tratamiento de 120 l/seg- Emapa San Martin.



**FOTOGRAFIA N°23:** Planta de tratamiento agua potable de Cachiyacu ; se observa el Sedimentador de flujo horizontal - Emapa San Martin.



**FOTOGRAFIA N°24:** Planta de tratamiento agua potable de Cachiyacu; se observa el Floculador de flujo horizontal - Emapa San Martin.



**FOTOGRAFIA N°25:** Planta de tratamiento agua potable de Cachiyacu; se observa el decantador de placas laminares - Emapa San Martin.





**FOTOGRAFIA N°26:** Planta de tratamiento agua potable de Cachiyacu; se observa el ambiente de cloración con los cilindros de cloro - Emapa San Martin.



**FOTOGRAFIA N°27:** Planta de tratamiento agua potable de Cachiyacu; se observa el equipo de dosificador (sulfato de aluminio) - Emapa San Martin.

### **8.3 ENSAYO DE PRUEBAS DE JARRAS**





## SOLICITUD

TARAPOTO 26 DE AGOSTO 2016

SEÑOR(A) :

**ING. MARIA ISABEL GARCIA HIDALGO**  
GERENTE GENERAL EMAPA SAN MARTIN

ASUNTO :

**SOLICITO APOYO PARA REALIZAR ENSAYOS EN  
LABORATORIOS PARA EL DESARROLLO DE MI PROYECTO DE  
INVESTIGACION DE TESIS.**

De mi consideración:

Mediante la presente me dirijo a Ud., a fin de saludarle cordialmente y al mismo tiempo solicitarle el debido permiso y apoyo para realizar mis ensayos de laboratorio (Área de producción y Control de calidad) y acceso a la misma con fines de obtener información para el desarrollo de mi Proyecto de investigación de Tesis profesional de ingeniero Civil "**Diseño hidráulico de la planta de tratamiento del proyecto de agua Potable en la localidad de San Cristóbal de Sisa**" en su prestigiosa empresa "**EMAPA SAN MARTIN S.A**"

Esperando que se le dé la conformidad respectiva y de esa manera poder desarrollar mi proyecto de investigación, agradecer por su atención a esta solicitud, aprovecho la oportunidad para reiterarle mi consideración y estima.

Atentamente,

-----  
Luis Gustavo Vargas Paucar  
Bach. Ing Civil



EMPRESA MUNICIPAL DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE SAN MARTÍN

AREA DE PRODUCCION Y CONTROL DE CALIDAD

CIUDAD DE TARAPOTO - PROVINCIA DE SAN MARTIN - REGION DE SAN MARTIN

## **CONSTANCIA DE EJECUCION DE ENSAYO DE LABORATORIO**

### **EL QUE SUSCRIBE**

**ING. ANALYN GARCIA TORRES**, jefe del área de producción.

### **HACE CONSTAR:**

Que el Bachiller **Luis Gustavo Vargas Paucar**, ha realizado los siguientes ensayos en el laboratorio **DE EMAPA SAN MARTIN**.

- Ensayo de pruebas de jarras ( Parámetros de diseño )
- Análisis fisicoquímico y bacteriológico.

Ensayos para poder iniciar con su Tesis Titulado "**DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION- PICOTA –SAN MARTIN**". Aprobado con resolución N°082 – 2016-UNSM/FICA-PCO-NLU , de la Universidad Nacional De San Martin – Tarapoto.

Se expide el presente a solicitud del interesado.

Tarapoto 25 De Octubre Del 2016



**ING. ANALYN GARCIA TORRES**  
JEFE DEL AREA DE PRODUCCIÓN

**EMPRESA MUNICIPAL DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE SAN MARTÍN****AREA DE PRODUCCION Y CONTROL DE CALIDAD**

CIUDAD DE TARAPOTO - PROVINCIA DE SAN MARTIN - REGION DE SAN MARTIN

PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN MARTIN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

**ANALISIS FISICOQUIMICO Y BACTEREOLOGICO - AGUA CRUDA RIO HUALLAGA**

DESCRIPCION	UND.	ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>				
TURBIEDAD	UNT	5.00	16.90	NO CUMPLE
TEMPERATURA	° C	-	24.50	SI CUMPLE
p H	-	6.5 - 8.5	8.01	SI CUMPLE
COLOR	UC	15.00	50.00	NO CUMPLE
ALCALINIDAD TOTAL	-	-	68.00	
DUREZA TOTAL	mg / L	500.00	77.47	SI CUMPLE
CLORUROS	mg / L	250	18.31	SI CUMPLE
SULFATOS	mg / L	250	16.66	SI CUMPLE
SOLIDOS TOTALES	mg / L	1000	220.00	SI CUMPLE
NITRATOS	mg / L	50	0.64	SI CUMPLE
BORO	mg / L	2.40	< 0.050	SI CUMPLE
SODIO	mg / L	200	14.67	SI CUMPLE
MAGNESIO	mg / L	-	3.749	SI CUMPLE
MANGANESO	mg / L	0.400	0.0748	SI CUMPLE
HIERRO	mg / L	0.300	1.00	NO CUMPLE
COBRE	mg / L	2.000	< 0.003	SI CUMPLE
ZINC	mg / L	3.000	0.00725	SI CUMPLE
CADMIO	mg / L	0.003	< 0.0002	SI CUMPLE
PLOMO	mg / L	0.010	< 0.0002	SI CUMPLE
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
COLIFORMES TOTALES 35°C	NMP/100 MI	0.00	3.50E+03	NO CUMPLE
COLIFORMES TERMOTOLERANTES 44.5°C	NMP/100 MI	0.00	4.90E+02	NO CUMPLE

**ANALISIS FISICOQUIMICO Y BACTEREOLOGICO - AGUA TRATADA RIO HUALLAGA**

DESCRIPCION	UND.	ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD DE AGUA	RESULTADOS	OBSERVACIONES
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>				
TURBIEDAD	UNT	5.00	1.50	SI CUMPLE
TEMPERATURA	° C	-	24.50	-
p H	-	6.5 - 8.5	8.01	SI CUMPLE
COLOR	UC	15.00	0.00	SI CUMPLE
ALCALINIDAD TOTAL	-	-	68.00	SI CUMPLE
DUREZA TOTAL	mg / L	500.00	77.47	SI CUMPLE
CLORUROS	mg / L	250	18.31	SI CUMPLE
SULFATOS	mg / L	250	16.66	SI CUMPLE
SOLIDOS TOTALES	mg / L	1000	220.00	SI CUMPLE
NITRATOS	mg / L	50	0.64	SI CUMPLE
BORO	mg / L	2.40	< 0.050	SI CUMPLE
SODIO	mg / L	200	14.67	SI CUMPLE
MAGNESIO	mg / L	-	3.749	SI CUMPLE
MANGANESO	mg / L	0.400	0.0748	SI CUMPLE
HIERRO	mg / L	0.300	0.10	SI CUMPLE
COBRE	mg / L	2.000	< 0.003	SI CUMPLE
ZINC	mg / L	3.000	0.00725	SI CUMPLE
CADMIO	mg / L	0.003	< 0.0002	SI CUMPLE
PLOMO	mg / L	0.010	< 0.0002	SI CUMPLE
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
COLIFORMES TOTALES 35°C	NMP/100 MI	0.00	0.00	SI CUMPLE
COLIFORMES TERMOTOLERANTES 44.5°C	NMP/100 MI	0.00	0.00	SI CUMPLE

PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN MARTIN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

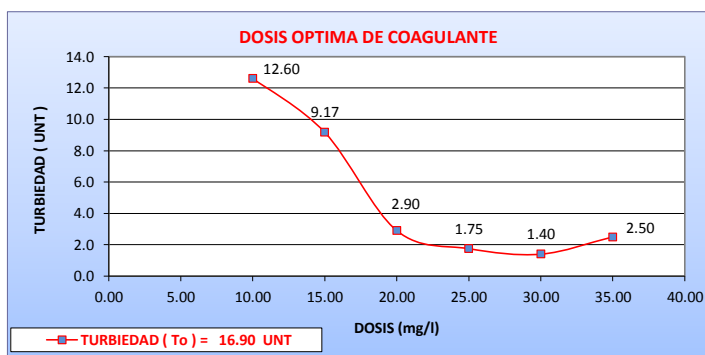
#### A.) PARAMETROS DE DOSIFICACION

**Objetivo:** Determinar, para la muestra presente, la dosis optima de coagulante, la concentracion de coagulante y el tiempo optimo de mezcla rapida que de los mejores resultados.

#### A.1) DOSIS OPTIMA DE COAGULANTE

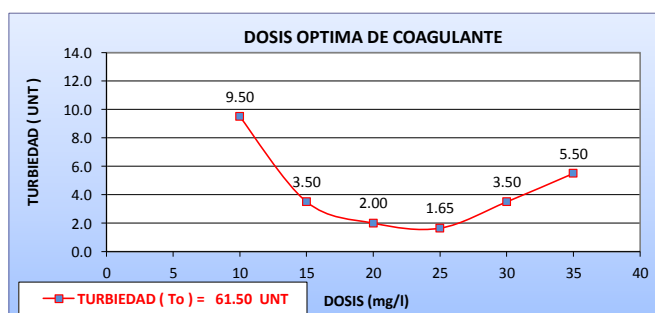
##### A.1.1) ENSAYO N°01

CALIDAD DEL AGUA CRUDA - RIO HUALLAGA					
TURBIEDAD ( To ) = 16.90 UNT , COLOR = 50.00 UC , pH = 8.01					
JARRA N°	MEZCLA RAPIDA		FLOCULACION : T = 24.00 min G = 50.00 S-1		
	T = 5.00 seg G = 1100.00 S-1		SEDIMENTACION : T = 10.00 min		
	COAGULANTE : SULFATO DE ALUMINIO		Ph	TURBIEDAD T <sub>f</sub> ( UNT )	COLOR ( UC )
V = 2000.00 ml	DOSIS ( mg / l )	ml			
1	5.00				
2	10.00	0.02	7.69	12.60	
3	15.00	0.03	7.64	9.17	
4	20.00	0.04	7.54	2.90	
5	25.00	0.05	7.46	1.75	
6	30.00	0.06	7.38	1.40	
7	35.00	0.07	7.30	2.50	



##### A.1.2) ENSAYO N°02

CALIDAD DEL AGUA CRUDA - RIO HUALLAGA					
TURBIEDAD ( To ) = 61.50 UNT , COLOR = 60.00 UC , pH = 7.55					
JARRA N°	MEZCLA RAPIDA		FLOCULACION : T = 20.00 min G = 50.00 S-1		
	T = 5.00 seg G = 1100.00 S-1		SEDIMENTACION : T = 10.00 min		
	COAGULANTE : SULFATO DE ALUMINIO		Ph	TURBIEDAD T <sub>f</sub> ( UNT )	COLOR ( UC )
V = 2000.00 ml	DOSIS ( mg / l )	ml			
1	5	0.01			
2	10	0.02	7.70	9.50	
3	15	0.03	7.65	3.50	
4	20	0.04	7.44	2.00	
5	25	0.05	7.54	1.65	
6	30	0.06	7.45	3.50	
7	35	0.07	7.35	5.50	



##### A.1.3) ENSAYO N°03

CALIDAD DEL AGUA CRUDA - RIO HUALLAGA					
TURBIEDAD ( To ) = 789.00 UNT , COLOR = 30.00 UC , pH = 7.50					

**NOTA:** La turbiedad del agua del río Huallaga aumenta considerablemente cuando llueve fuertemente en la sierra, produciendo picos de turbiedad mayores a 789 NTU, con presencia apreciable de arena

PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN MARTIN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

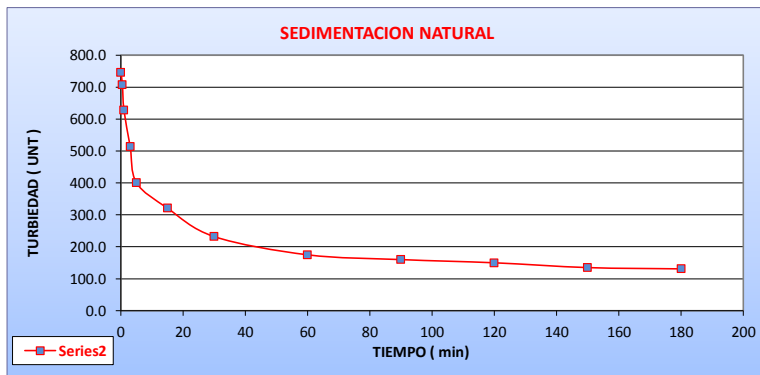
FECHA : OCTUBRE 2016

Para simular la prueba de jarras se trabajo con una muestra de agua decantada, para trabajar una agua con turbiedad mas baja.

#### A.1.3.1 ) SEDIMENTACION NATURAL

La prueba de sedimentación natural permitira establecer el diseño del sedimentador. Debido a la alta turbiedad que presenta el agua del rio en los meses de marzo y diciembre requiere de un sedimentador

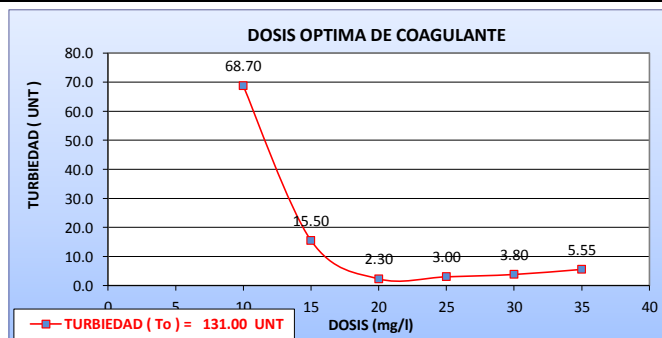
TIEMPO - MIN	TURBIEDAD - NTU	% TURBIEDAD REMOVIDA
0.00	746	0.00%
0.50	708	5.09%
1.00	628	15.82%
3.00	514	31.10%
5.00	401	46.25%
15.00	321	56.97%
30.00	232	68.90%
60.00	175	76.54%
90.00	160	78.55%
120.00	150	79.89%
150.00	135	81.90%
180.00	131	82.44%



Observaciones.- De acuerdo a los resultados, se puede decir que el 76.54 % de la turbiedad se remueve en 60 minutos, en 2 horas el 79.89 % y en 3 horas el 82.44%.

#### A.1.3.2 ) COAGULACION

CALIDAD DEL AGUA CRUDA - RIO HUALLAGA					
TURBIEDAD ( To ) = 131.00 UNT		COLOR = 30.00 UC		pH = 7.50	
JARRA N° V = 2000.00 ml	MEZCLA RAPIDA T = 5.00 seg G = 1100.00 S-1		FLOCULACION : T = 20.00 min G = 50.00 S-1		
	COAGULANTE : SULFATO DE ALUMINIO		SEDIMENTACION : T = 10.00 min		
	DOSIS ( mg / l )	ml	Ph	TURBIEDAD T <sub>f</sub> ( UNT )	COLOR ( UC )
1	5	0.01			
2	10	0.02	7.50	68.70	
3	15	0.03	7.45	15.50	
4	20	0.04	7.30	2.30	
5	25	0.05	7.35	3.00	
6	30	0.06	7.40	3.80	
7	35	0.07	7.50	5.55	



PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN MARTIN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

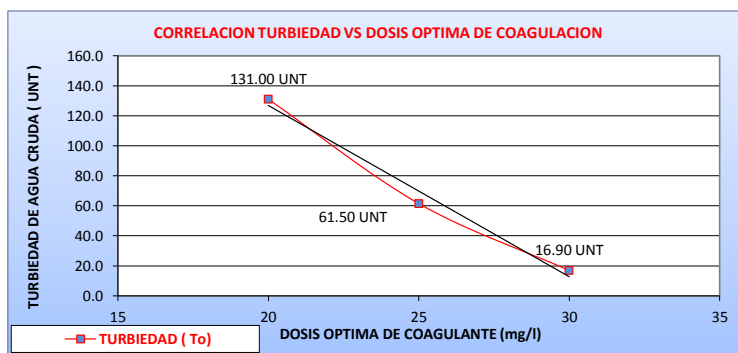
FECHA : OCTUBRE 2016

#### A.1.4 ) RESUMEN : TURBIEDAD REMANENTE ( UNT )

DOSIS (mg / l)	TURBIEDAD DE AGUA CRUDA ( UNT )		
	To= 16.90	To = 61.50	To= 131.00
5.00	-	-	-
10.00	12.60	9.50	-
15.00	9.17	3.50	15.50
20.00	2.90	2.00	2.30
25.00	1.75	1.65	3.00
30.00	1.40	3.50	3.80
35.00	-	-	5.55

#### A.1.5 ) CURVA DE DOSIFICACION DEL COAGULANTE

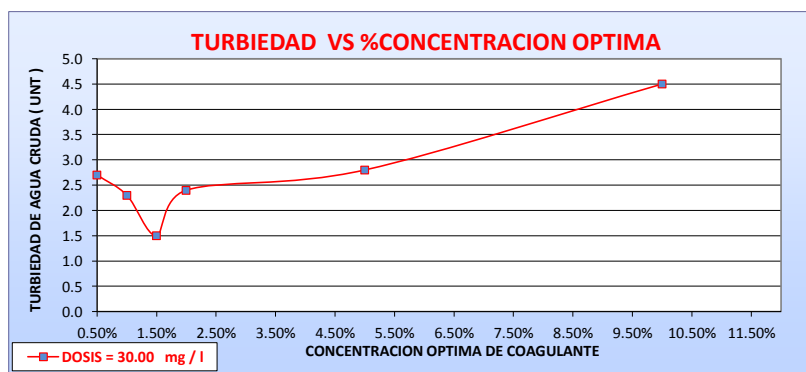
DOSIS OPTIMA DE COAGULANTE (mg /l)	TURBIEDAD DE AGUA CRUDA ( T <sub>o</sub> )	TURBIEDAD DE AGUA CRUDA ( T <sub>r</sub> )	OBSERVACION
30	16.90 UNT	1.40 UNT	DOSIS OPTIMA
25	61.50 UNT	1.65 UNT	DOSIS OPTIMA
20	131.00 UNT	2.30 UNT	DOSIS OPTIMA



#### A . 2 ) CONCENTRACION OPTIMA DE COAGULANTE

##### A.2.1 ) ENSAYO N°01

CALIDAD DEL AGUA CRUDA - RIO HUALLAGA					
		TURBIEDAD ( T <sub>o</sub> ) = 16.90 UNT		COLOR = 50.00 UC , pH = 8.01	
JARRA N°  V = 2000.00 ml	MEZCLA RAPIDA T = 5.00 seg G = 1100.00 S-1		FLOCULACION : T = 20.00 min G = 50.00 S-1		
	COAGULANTE : SULFATO DE ALUMINIO		SEDIMENTACION : T = 10.00 min		
	DOSIS = 30.00 mg / l		Ph	TURBIEDAD T <sub>r</sub> ( UNT )	COLOR ( UC )
	CONCENTRACION	ml			
1	10.00%	0.60		4.50	
2	5.00%	1.20		2.80	
3	2.00%	3.00		2.40	
4	1.50%	4.00		1.50	
5	1.00%	6.00		2.30	
6	0.50%	12.00		2.70	



PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN MARTIN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

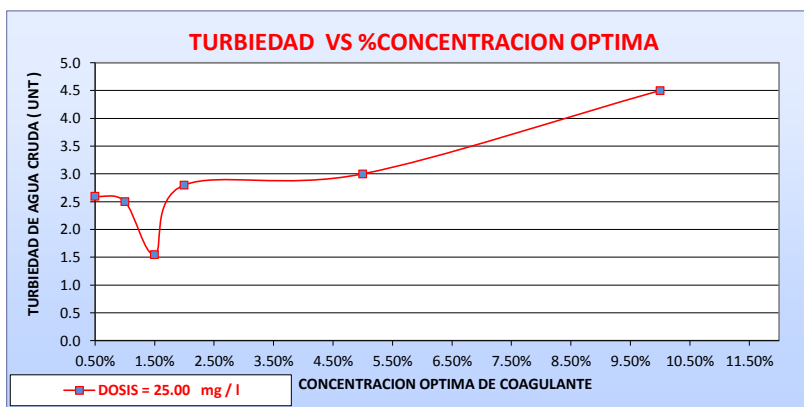
ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

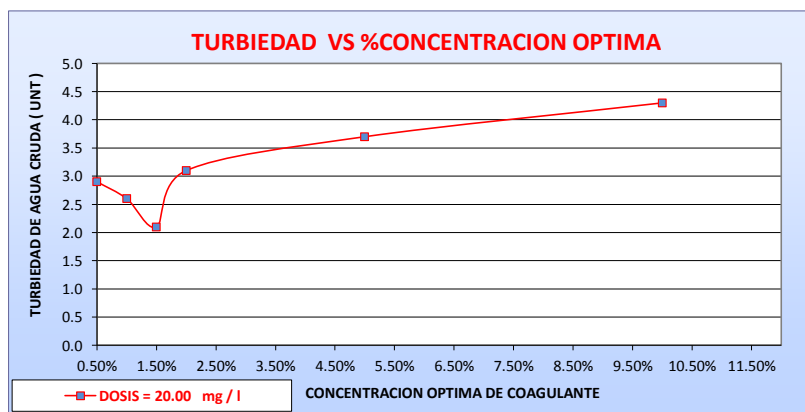
#### A.2.2 ) ENSAYO N°02

CALIDAD DEL AGUA CRUDA - RIO HUALLAGA					
		TURBIEDAD ( To ) = 61.50 UNT		COLOR = 60.00 UC	
				pH = 7.55	
JARRA N°	MEZCLA RAPIDA		FLOCULACION :		T = 20.00 min
	T = 5.00 seg G = 50.00 S-1		SEDIMENTACION :		G = 50.00 S-1
	COAGULANTE : SULFATO DE ALUMINIO		Ph	TURBIEDAD T <sub>f</sub>	COLOR ( UC )
	DOSIS = 25.00 mg / l				
V = 2000.00 ml	CONCENTRACION	ml		( UNT )	
1	10.00%	0.60		4.50	
2	5.00%	1.20		3.00	
3	2.00%	3.00		2.80	
4	1.50%	4.00		1.55	
5	1.00%	6.00		2.50	
6	0.50%	12.00		2.60	



#### A.2.3 ) ENSAYO N°03

CALIDAD DEL AGUA CRUDA - RIO HUALLAGA					
TURBIEDAD ( To )= 131.00 UNT , COLOR = 30.00 UC , pH = 7.50					
JARRA N°	MEZCLA RAPIDA		FLOCULACION :	T = 20.00 min	G = 50.00 S-1
	T = 5.00 seg	G = 50.00 S-1	SEDIMENTACION :	T = 10.00 min	
	COAGULANTE : SULFATO DE ALUMINIO		Ph	TURBIEDAD Tf ( UNT )	COLOR ( UC )
	DOSIS = 20.00 mg / l				
V = 2000.00 ml	CONCENTRACION	ml			
1	10.00%	0.60		4.30	
2	5.00%	1.20		3.70	
3	2.00%	3.00		3.10	
4	1.50%	4.00		2.10	
5	1.00%	6.00		2.60	
6	0.50%	12.00		2.90	





PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN MARTIN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

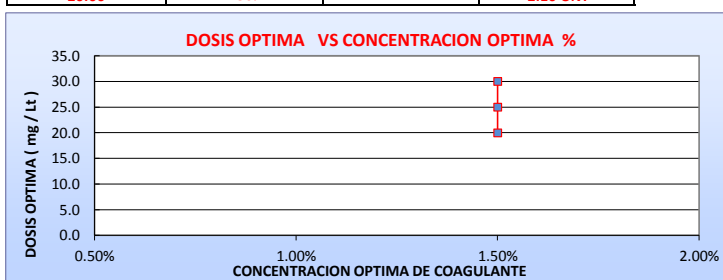
FECHA : OCTUBRE 2016

#### A.2.4 ) RESUMEN : CONCENTRACION OPTIMA ( % )

DOSIS OPTIMA ( mg / lt )	CONCENTRACION OPTIMA DEL COAGULANTE ( % )					
	C = 10.00 %	C = 5.00 %	C = 2.00 %	C = 1.50 %	C = 1.00 %	C = 0.50 %
30.00	4.50 UNT	2.80 UNT	2.40 UNT	1.50 UNT	2.30 UNT	2.70 UNT
25.00	4.50 UNT	3.00 UNT	2.80 UNT	1.55 UNT	2.50 UNT	2.60 UNT
20.00	4.30 UNT	3.70 UNT	3.10 UNT	2.10 UNT	2.60 UNT	2.90 UNT

#### A.2.5 ) CURVA DE DOSIS OPTIMA VS CONCENTRACION OPTIMA ( % )

DOSIS OPTIMA DE COAGULANTE (mg /l)	CONCENTRACION OPTIMA %	TURBIEDAD RESIDUAL ( T <sub>o</sub> )	TURBIEDAD RESIDUAL ( T <sub>r</sub> )
30.00	1.50%	16.90 UNT	1.50 UNT
25.00	1.50%	61.50 UNT	1.55 UNT
20.00	1.50%	131.00 UNT	2.10 UNT

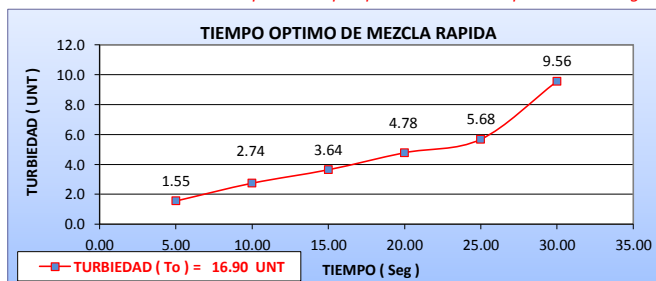


#### A.3 ) TIEMPO ÓPTIMO DE MEZCLA RÁPIDA

##### A.3.1 ) ENSAYO N°01

CALIDAD DEL AGUA CRUDA - RIO HUALLAGA				
TURBIEDAD ( T <sub>o</sub> ) = 16.90 UNT , COLOR = 50.00 UC , pH = 8.01				
JARRA N°  V = 2000.00 ml	MEZCLA RAPIDA G = 1100.00 S-1	FLOCULACION : T = 24.00 min	G = 50.00 S-1	
	COAGULANTE : SULFATO DE ALUMINIO	SEDIMENTACION : T = 10.00 min		
	DOSIS = 30.00 mg / l C = 1.50 %	Ph	TURBIEDAD T <sub>r</sub> ( UNT )	COLOR ( UC )
	TIEMPO DE OPTIMO DE MEZCLA RAPIDA			
1	5.00 Segundos		1.55	
2	10.00 Segundos		2.74	
3	15.00 Segundos		3.64	
4	20.00 Segundos		4.78	
5	25.00 Segundos		5.68	
6	30.00 Segundos		9.56	

De los resultados obtenidos se observa que el tiempo óptimo de mezcla rápida es de 5 seg





PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN MARTIN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

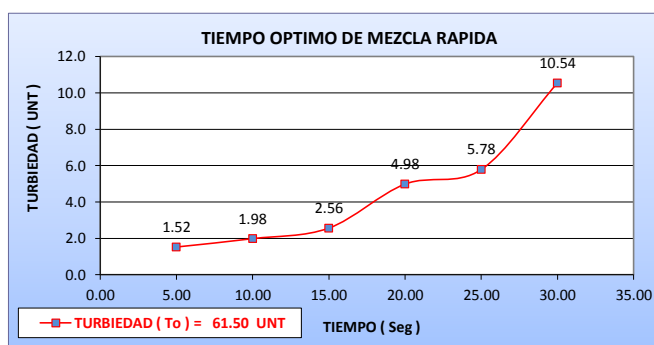
HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

### A.3.2 ) ENSAYO N°02

CALIDAD DEL AGUA CRUDA - RIO HUALLAGA					
TURBIEDAD ( To ) = 61.50 UNT			COLOR = 60.00 UC		
			pH = 7.55		
JARRA N°	MEZCLA RAPIDA		FLOCULACION :		T = 20.00 min
	G = 1100.00 S-1		SEDIMENTACION :		G = 50.00 S-1
	COAGULANTE : SULFATO DE ALUMINIO		Ph	TURBIEDAD T <sub>f</sub> ( UNT )	COLOR ( UC )
	DOSIS = 25.00 mg / l C = 1.50 %				
V = 2000.00 ml	TIEMPO DE OPTIMO DE MEZCLA RAPIDA				
1	5.00	Segundos	1.52		
2	10.00	Segundos	1.98		
3	15.00	Segundos	2.56		
4	20.00	Segundos	4.98		
5	25.00	Segundos	5.78		
6	30.00	Segundos	10.54		

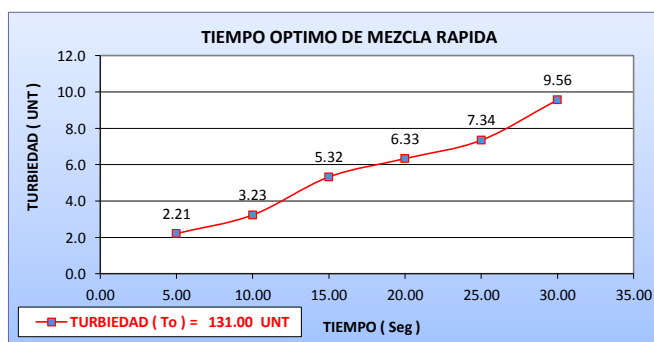
De los resultados obtenidos se observa que el tiempo óptimo de mezcla rápida es de 5 seg



### A.3.3 ) ENSAYO N°03

CALIDAD DEL AGUA CRUDA - RIO HUALLAGA					
TURBIEDAD ( To ) = 131.00 UNT , COLOR = 30.00 UC , pH = 7.50					
JARRA N°  V = 2000.00 ml	MEZCLA RAPIDA G = 1100.00 S-1		FLOCULACION : T = 20.00 min G = 50.00 S-1 SEDIMENTACION : T = 10.00 min		
	COAGULANTE : SULFATO DE ALUMINIO		Ph	TURBIEDAD Tf ( UNT )	COLOR ( UC )
	DOSIS = 20.00 mg / l C = 1.50 %				
	TIEMPO DE OPTIMO DE MEZCLA RAPIDA				
	1	5.00	Segundos		2.21
2	10.00	Segundos		3.23	
3	15.00	Segundos		5.32	
4	20.00	Segundos		6.33	
5	25.00	Segundos		7.34	
6	30.00	Segundos		9.56	

De los resultados obtenidos se observa que el tiempo óptimo de mezcla rápida es de 5 seg



### A.3.4 ) RESUMEN : TIEMPO OPTIMO DE MEZCLA RAPIDA ( Seg )

TURBIEDAD ( To )	TIEMPO OPTIMO ( Seg )
16.90 UNT	5.00
61.50 UNT	5.00
131.00 UNT	5.00

PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

## B.) PARAMETROS DE FLOCULACION

**Objetivo:** Determinar los gradientes de velocidades y tiempos de retencion optimos del proceso de floculacion

### B.1 ) ENSAYO N°01

#### \* Equipo de pruebas de jarras

Volumen de jarras = 02.00 Lts

#### \* Agua cruda

Turbiedad (  $T_0$  ) = 16.90 UNT

Color = 50.00 UC

p H = 8.01

Alcalinidad= 68.00 mg/ Lts

#### \* Dosis optima

Coagulante : Sulfato de aluminio

Dosis = 30.00 mg / Lts

Concentracion Optima : 1.50%

Modificador de p H : -

Ayudante de Coagulación : -

#### \* Mezcla Rapida

Velocidad = 100.00 rpm

Gradiente de Velocidad = 1100.00  $S^{-1}$

Tiempo de Mezcla = 05 Seg

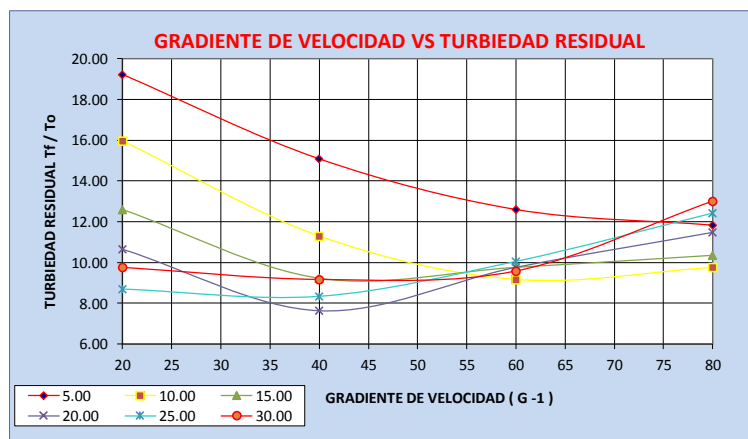
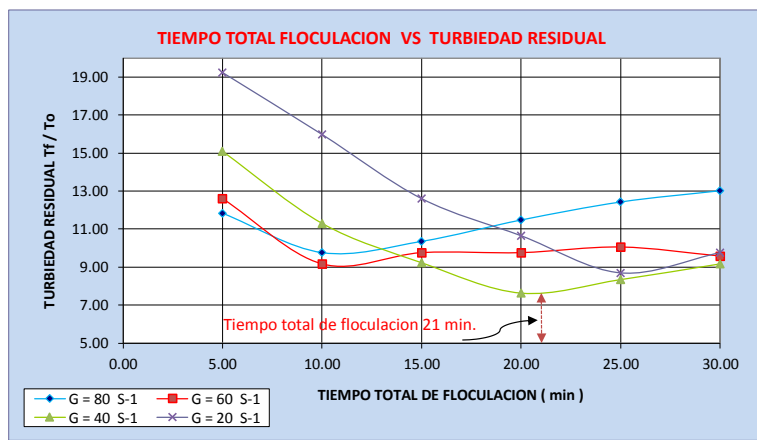
#### \* Sedimentacion

Profundidad de toma de muestra : 6.00 cm

Tiempo de sedimentacion : 10.00 min

#### \* Floculacion

VELOCIDAD rpm	GRADIENTE DE VELOCIDAD $S^{-1}$	TIEMPOS DE FLOCULACION ( min )											
		5.00		10.00		15.00		20.00		25.00		30.00	
		Tf	$T_t / T_0$	Tf	$T_t / T_0$	Tf	$T_t / T_0$	Tf	$T_t / T_0$	Tf	$T_t / T_0$	Tf	$T_t / T_0$
120	G = 80 $S^{-1}$	2.00	11.83	1.65	9.76	1.75	10.36	1.94	11.48	2.10	12.43	2.20	13.02
80	G = 60 $S^{-1}$	2.13	12.60	1.55	9.17	1.65	9.76	1.65	9.76	1.70	10.06	1.62	9.59
40	G = 40 $S^{-1}$	2.55	15.09	1.91	11.30	1.56	9.23	1.29	7.63	1.41	8.34	1.55	9.17
20	G = 20 $S^{-1}$	3.25	19.23	2.70	15.98	2.13	12.60	1.80	10.65	1.47	8.70	1.65	9.76



PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

\* Valores Criticos De Parametros De Floculacion

Punto	1	2	3	4	5	6
X Tiempo ( min )	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
Y Gradiente ( G s <sup>-1</sup> )	80.0	72.0	50.0	30.0	20.0	20.0

Aplicando a estos puntos la teoria de los minimos cuadrados a la ecuacion de una recta  $Y = Bx + A$ , en la cual

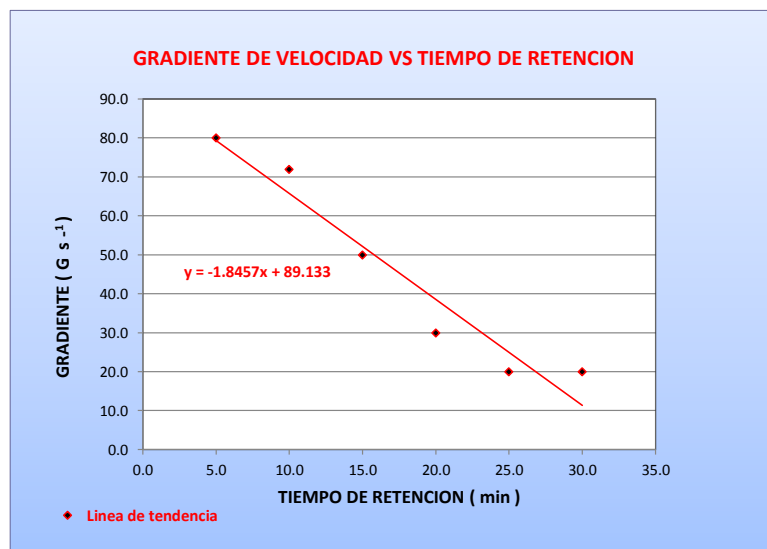
$$\log T = X \text{ y } \log G = Y$$

se determina los siguientes valores :

A : 92.93  
B : -2.72

grado de ajuste ( R<sup>2</sup> )

R<sup>2</sup> : 0.94



Obteniendose la recta que representa en la figura de la cual se obtiene los siguientes puntos:

Tiempo ( min )	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
Gradiente ( G s <sup>-1</sup> )	79.33	65.73	52.13	38.53	24.93	11.33

Si se seleccionan tres compartimientos para el floculador siendo el tiempo total de floculacion 21.00 min , se tendran los parametros de diseño indicadas en el cuadro N°

CRITERIOS DE DISEÑO DE LA UNIDAD DE FLOCULACION

Compartimiento	Periodo de retencion ( min )		Gradiente de Velocidad s <sup>-1</sup>
	Parcial	Total	
1	7.00	7	74
2	7.00	14	55
3	7.00	21	36

B.2 ) ENSAYO N°02

\* Equipo de pruebas de jarras

Volumen de jarras = 02.00 Lts

\* Agua cruda

Turbiedad ( To ) = 61.5 UNT

Color = 60.00 UC

p H = 7.55

Alcalinidad= 68.00 mg/ Lts

\* Dosis optima

Coagulante : Sulfato de aluminio Dosis = 25.00 mg / Lts  
Concentracion Optima : 1.50%  
Modificador de p H : -  
Ayudante de Coagulacion : -

PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

**\* Mezcla Rapida**

Velocidad = 100.00 rpm

Gradiente de Velocidad = 1100.00  $s^{-1}$

Tiempo de Mezcla = 05 Seg

**\* Sedimentacion**

Profundidad de toma de muestra

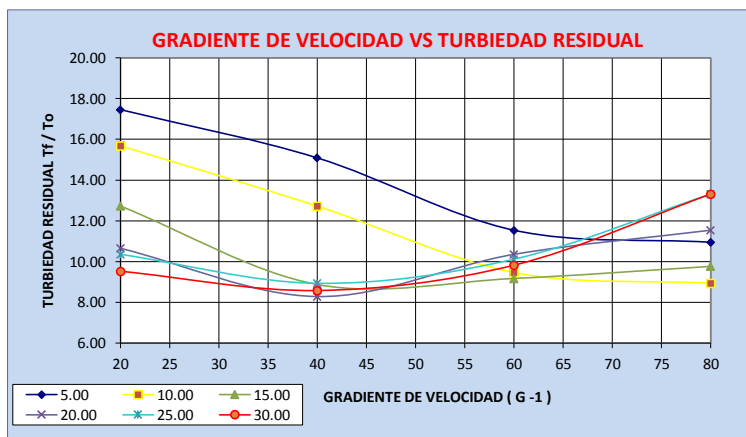
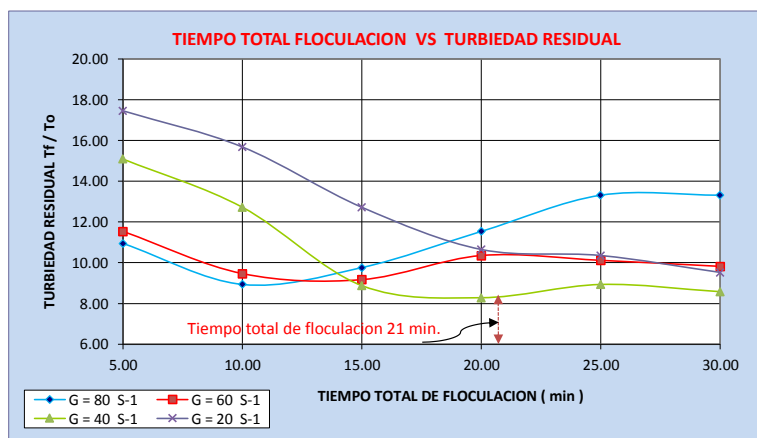
: 6.00 cm

Tiempo de sedimentacion

: 10.00 min

**\* Floculacion**

VELOCIDAD rpm	GRADIENTE DE VELOCIDAD $s^{-1}$	TIEMPOS DE FLOCULACION ( min )											
		5.00		10.00		15.00		20.00		25.00		30.00	
		Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>
120	G = 80 S-1	1.85	10.95	1.51	8.93	1.65	9.76	1.95	11.54	2.25	13.31	2.25	13.31
80	G = 60 S-1	1.95	11.54	1.60	9.47	1.55	9.17	1.75	10.36	1.71	10.12	1.66	9.82
40	G = 40 S-1	2.55	15.09	2.15	12.72	1.50	8.88	1.40	8.28	1.51	8.93	1.45	8.58
20	G = 20 S-1	2.95	17.46	2.65	15.68	2.15	12.72	1.80	10.65	1.75	10.36	1.61	9.53



**\* Valores Criticos De Parametros De Floculacion**

Punto	1	2	3	4	5	6
X Tiempo ( min )	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
Y Gradiente ( G s <sup>-1</sup> )	80.0	70.0	45.0	40.0	35.0	30.0

Aplicando a estos puntos la teoria de los minimos cuadrados a la ecuacion de una recta  $Y = Bx + A$ , en la cual

PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

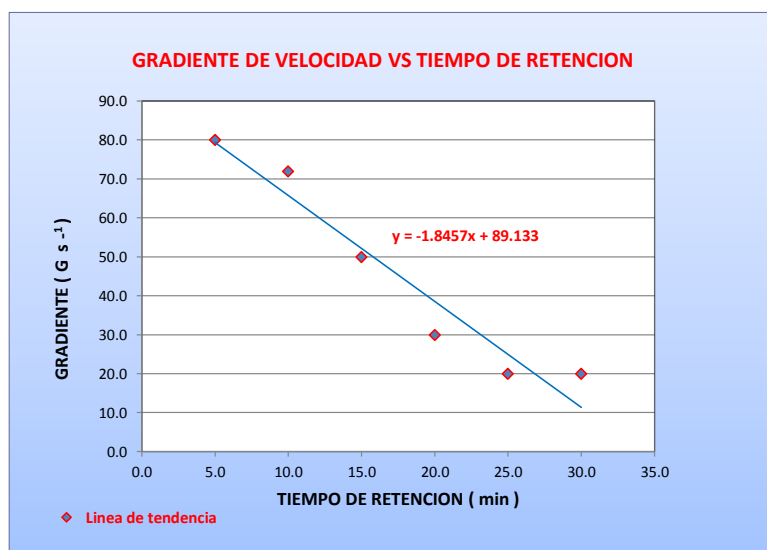
$$\log T = X \text{ y } \log G = Y$$

se determina los siguientes valores :

A : 86.00  
B : -2.06

grado de ajuste (  $R^2$  )

$R^2$  : 0.9031



Obteniendose la recta que representa en la figura de la cual se obtiene los siguientes puntos:

Tiempo ( min )	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
Gradiente ( $G s^{-1}$ )	79.33	65.73	52.13	38.53	24.93	11.33

Si se seleccionan tres compartimientos para el floculador siendo el tiempo total de floculacion 21.00 min , se tendran los parametros de diseño indicadas en el cuadro N°

**CRITERIOS DE DISEÑO DE LA UNIDAD DE FLOCULACION**

Compartimiento	Periodo de retencion ( min )		Gradiente de Velocidad $s^{-1}$
	Parcial	Total	
1	7.00	7	74
2	7.00	14	55
3	7.00	21	36

**B.3) ENSAYO N°03**

\* **Equipo de pruebas de jarras**

Volumen de jarras = 02.00 Lts

\* **Agua cruda**

Turbiedad (  $T_o$  ) = 131.0 UNT

Color = 30.00 UC

p H = 7.50

Alcalinidad= 68.00 mg/ Lts

\* **Dosis optima**

Coagulante	:	Sulfato de aluminio	Dosis = 20.00 mg / Lts
Concentracion Optima	:	1.50%	
Modificador de p H	:	-	-
Ayudante de Coagulacion	:	-	-

PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

\* **Mezcla Rapida**

Velocidad = 100.00 rpm

Gradiente de Velocidad = 1100.00  $S^{-1}$

Tiempo de Mezcla = 05 Seg

\* **Sedimentacion**

Profundidad de toma de muestra

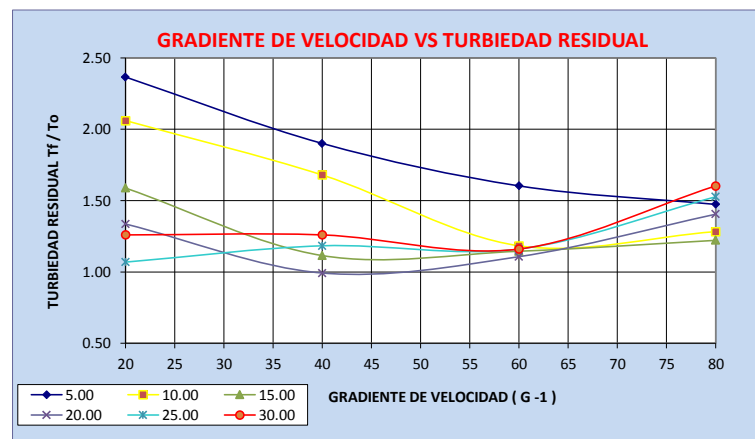
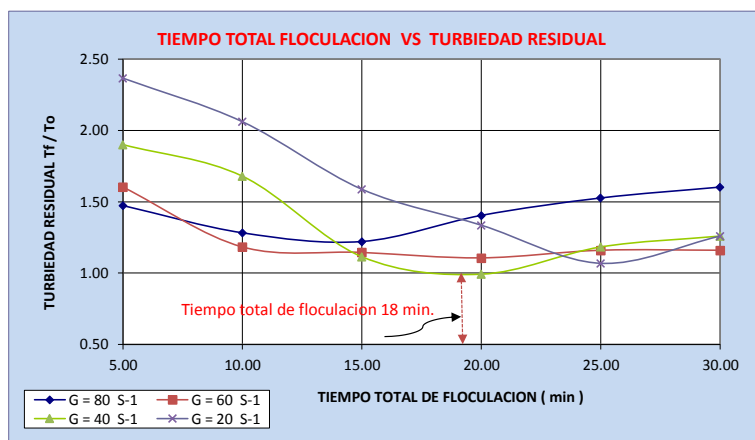
: 6.00 cm

Tiempo de sedimentacion

: 10.00 min

\* **Floculacion**

VELOCIDAD rpm	GRADIENTE DE VELOCIDAD $S^{-1}$	TIEMPOS DE FLOCULACION ( min )											
		5.00		10.00		15.00		20.00		25.00		30.00	
		Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>
120	G = 80 S <sup>-1</sup>	1.93	1.47	1.68	1.28	1.60	1.22	1.84	1.40	2.00	1.53	2.10	1.60
80	G = 60 S <sup>-1</sup>	2.10	1.60	1.55	1.18	1.50	1.15	1.45	1.11	1.52	1.16	1.52	1.16
40	G = 40 S <sup>-1</sup>	2.49	1.90	2.20	1.68	1.46	1.11	1.30	0.99	1.55	1.18	1.65	1.26
20	G = 20 S <sup>-1</sup>	3.10	2.37	2.70	2.06	2.08	1.59	1.75	1.34	1.40	1.07	1.65	1.26



\* **Valores Criticos De Parametros De Floculacion**

Punto	1	2	3	4	5	6
X Tiempo ( min )	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
Y Gradiente ( G s <sup>-1</sup> )	80.0	65.0	40.0	38.0	20.0	20.0

Aplicando a estos puntos la teoria de los minimos cuadrados a la ecuacion de una recta  $Y = Bx + A$ , en la cual

$$\log T = X \text{ y } \log G = Y$$

se determina los siguientes valores :

A : 87.53  
B : -2.50

grado de ajuste ( R<sup>2</sup> )

R<sup>2</sup> : 0.9277

PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

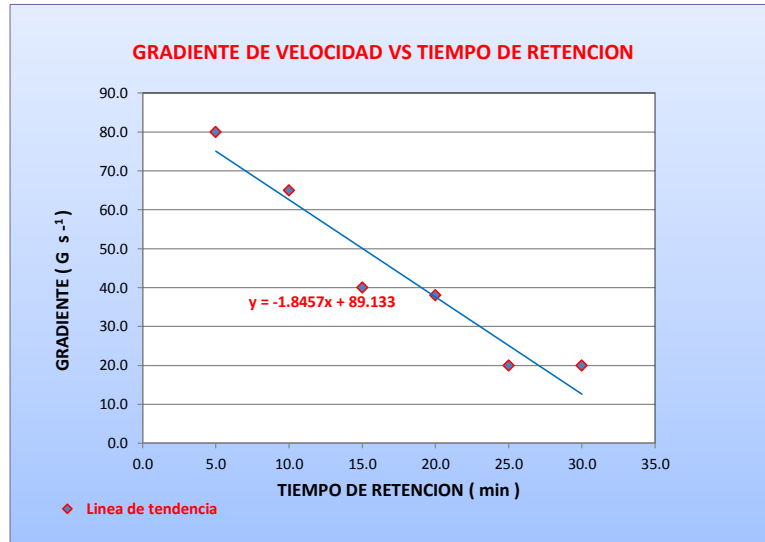
LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016



Obteniendose la recta que representa en la figura de la cual se obtiene los siguientes puntos:

Tiempo ( min )	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
Gradiente ( G s <sup>-1</sup> )	79.33	65.73	52.13	38.53	24.93	11.33

Si se seleccionan tres compartimientos para el floculador siendo el tiempo total de floculación 18.00 min , se tendran los parametros de diseño indicadas en el cuadro N°

**CRITERIOS DE DISEÑO DE LA UNIDAD DE FLOCULACION**

Compartimiento	Periodo de retencion ( min )		Gradiente de Velocidad s <sup>-1</sup>
	Parcial	Total	
1	6.00	6	77
2	6.00	12	60
3	6.00	18	44

PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION ) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

## B.) PARAMETROS DE FLOCULACION

**Objetivo:** Determinar los gradientes de velocidades y tiempos de retencion optimos del proceso de floculacion

### B.1 ) ENSAYO N°01

#### \* Equipo de pruebas de jarras

Volumen de jarras = 02.00 Lts

#### \* Agua cruda

Turbiedad (  $T_0$  ) = 16.90 UNT

Color = 50.00 UC

pH = 8.01

Alcalinidad = 68.00 mg/ Lts

#### \* Dosis optima

Coagulante : Sulfato de aluminio

Dosis = 30.00 mg / Lts

Concentracion Optima : 1.50%

Modificador de pH : -

Ayudante de Coagulación : -

#### \* Mezcla Rapida

Velocidad = 100.00 rpm

Gradiente de Velocidad = 1100.00  $S^{-1}$

Tiempo de Mezcla = 05 Seg

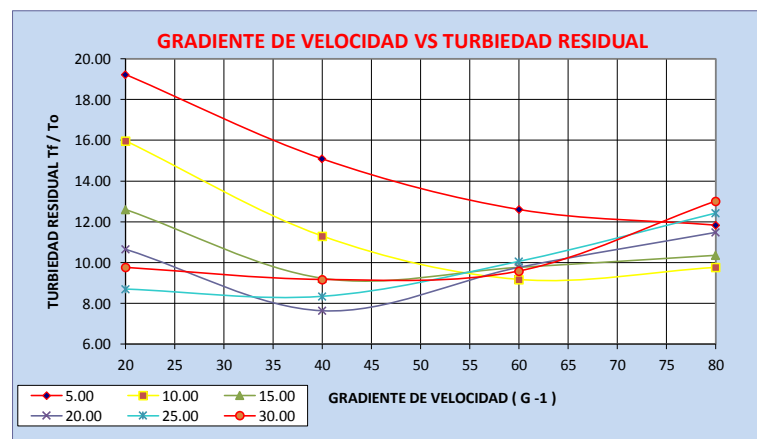
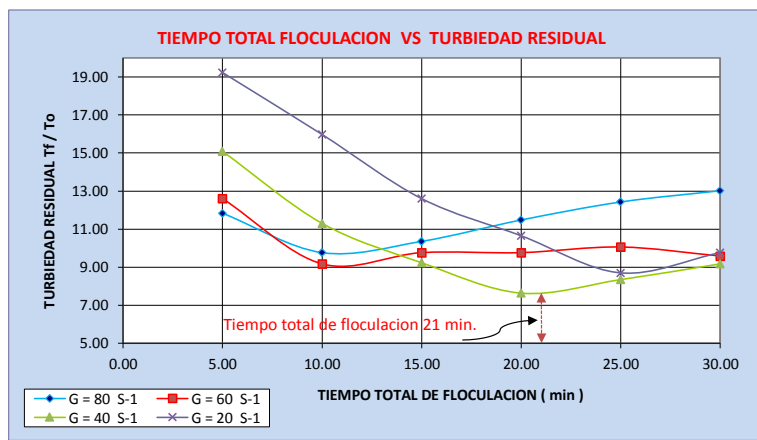
#### \* Sedimentacion

Profundidad de toma de muestra : 6.00 cm

Tiempo de sedimentacion : 10.00 min

#### \* Floculacion

VELOCIDAD rpm	GRADIENTE DE VELOCIDAD $S^{-1}$	TIEMPOS DE FLOCULACION ( min )											
		5.00		10.00		15.00		20.00		25.00		30.00	
		Tf	$T_t / T_0$	Tf	$T_t / T_0$	Tf	$T_t / T_0$	Tf	$T_t / T_0$	Tf	$T_t / T_0$	Tf	$T_t / T_0$
120	G = 80 $S^{-1}$	2.00	11.83	1.65	9.76	1.75	10.36	1.94	11.48	2.10	12.43	2.20	13.02
80	G = 60 $S^{-1}$	2.13	12.60	1.55	9.17	1.65	9.76	1.65	9.76	1.70	10.06	1.62	9.59
40	G = 40 $S^{-1}$	2.55	15.09	1.91	11.30	1.56	9.23	1.29	7.63	1.41	8.34	1.55	9.17
20	G = 20 $S^{-1}$	3.25	19.23	2.70	15.98	2.13	12.60	1.80	10.65	1.47	8.70	1.65	9.76





PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

\* Valores Criticos De Parametros De Floculacion

Punto	1	2	3	4	5	6
X Tiempo ( min )	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
Y Gradiente ( G s <sup>-1</sup> )	80.0	72.0	50.0	30.0	20.0	20.0

Aplicando a estos puntos la teoria de los minimos cuadrados a la ecuacion de una recta  $Y = Bx + A$ , en la cual

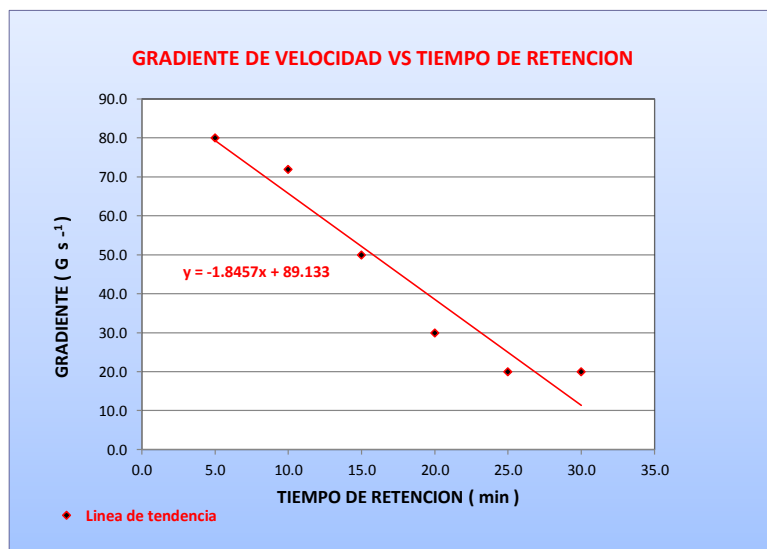
$$\log T = X \text{ y } \log G = Y$$

se determina los siguientes valores :

A : 92.93  
B : -2.72

grado de ajuste ( R<sup>2</sup> )

R<sup>2</sup> : 0.94



Obteniendose la recta que representa en la figura de la cual se obtiene los siguientes puntos:

Tiempo ( min )	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
Gradiente ( G s <sup>-1</sup> )	79.33	65.73	52.13	38.53	24.93	11.33

Si se seleccionan tres compartimientos para el floculador siendo el tiempo total de floculacion 21.00 min , se tendran los parametros de diseño indicadas en el cuadro N°

CRITERIOS DE DISEÑO DE LA UNIDAD DE FLOCULACION

Compartimiento	Periodo de retencion ( min )		Gradiente de Velocidad s <sup>-1</sup>
	Parcial	Total	
1	7.00	7	74
2	7.00	14	55
3	7.00	21	36

B.2 ) ENSAYO N°02

\* Equipo de pruebas de jarras

Volumen de jarras = 02.00 Lts

\* Agua cruda

Turbiedad ( To ) = 61.5 UNT

Color = 60.00 UC

p H = 7.55

Alcalinidad= 68.00 mg/ Lts

\* Dosis optima

Coagulante : Sulfato de aluminio Dosis = 25.00 mg / Lts  
Concentracion Optima : 1.50%  
Modificador de p H : -  
Ayudante de Coagulacion : -

PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

\* **Mezcla Rapida**

Velocidad = 100.00 rpm

Gradiente de Velocidad = 1100.00  $s^{-1}$

Tiempo de Mezcla = 05 Seg

\* **Sedimentacion**

Profundidad de toma de muestra

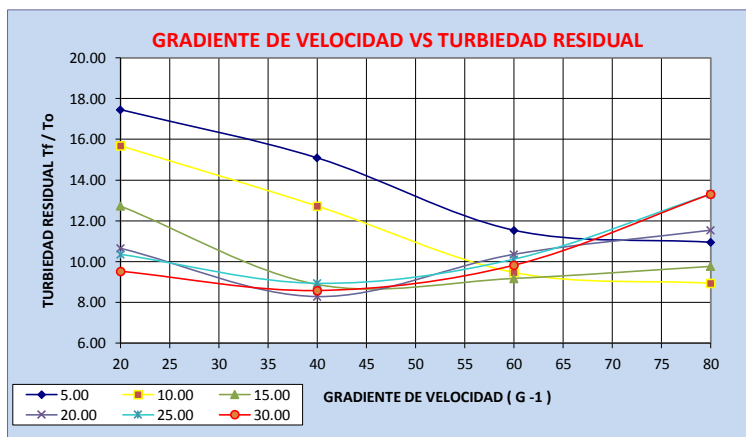
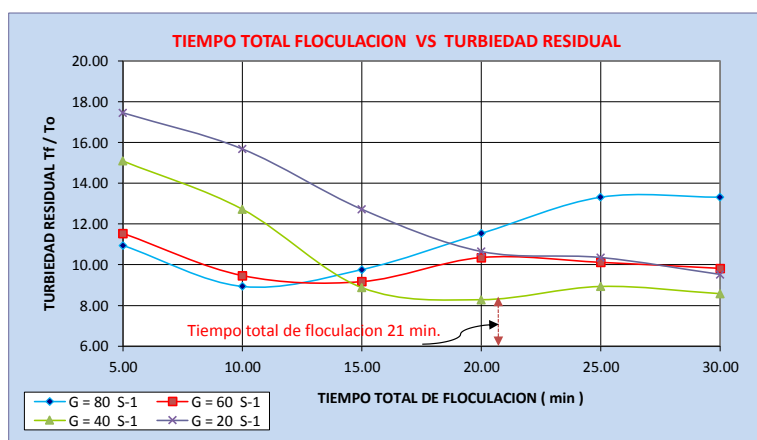
: 6.00 cm

Tiempo de sedimentacion

: 10.00 min

\* **Floculacion**

VELOCIDAD rpm	GRADIENTE DE VELOCIDAD $s^{-1}$	TIEMPOS DE FLOCULACION ( min )											
		5.00		10.00		15.00		20.00		25.00		30.00	
		Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> /T <sub>0</sub>
120	G = 80 S-1	1.85	10.95	1.51	8.93	1.65	9.76	1.95	11.54	2.25	13.31	2.25	13.31
80	G = 60 S-1	1.95	11.54	1.60	9.47	1.55	9.17	1.75	10.36	1.71	10.12	1.66	9.82
40	G = 40 S-1	2.55	15.09	2.15	12.72	1.50	8.88	1.40	8.28	1.51	8.93	1.45	8.58
20	G = 20 S-1	2.95	17.46	2.65	15.68	2.15	12.72	1.80	10.65	1.75	10.36	1.61	9.53



\* **Valores Criticos De Parametros De Floculacion**

Punto	1	2	3	4	5	6
X Tiempo ( min )	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
Y Gradiente ( G s <sup>-1</sup> )	80.0	70.0	45.0	40.0	35.0	30.0

Aplicando a estos puntos la teoria de los minimos cuadrados a la ecuacion de una recta  $Y = Bx + A$ , en la cual

PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

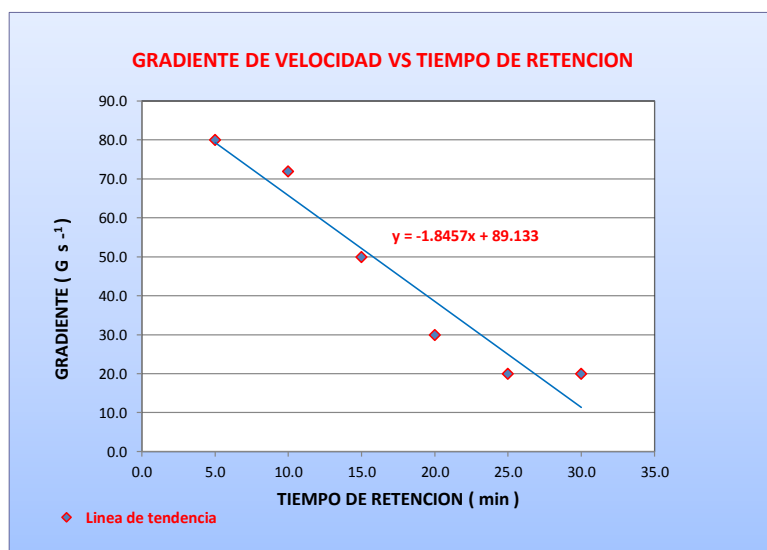
$$\log T = X \text{ y } \log G = Y$$

se determina los siguientes valores :

A : 86.00  
B : -2.06

grado de ajuste (  $R^2$  )

$R^2$  : 0.9031



Obteniendose la recta que representa en la figura de la cual se obtiene los siguientes puntos:

Tiempo ( min )	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
Gradiente ( $G s^{-1}$ )	79.33	65.73	52.13	38.53	24.93	11.33

Si se seleccionan tres compartimientos para el floculador siendo el tiempo total de floculacion 21.00 min , se tendran los parametros de diseño indicadas en el cuadro N°

**CRITERIOS DE DISEÑO DE LA UNIDAD DE FLOCULACION**

Compartimiento	Periodo de retencion ( min )		Gradiente de Velocidad $s^{-1}$
	Parcial	Total	
1	7.00	7	74
2	7.00	14	55
3	7.00	21	36

**B.3) ENSAYO N°03**

\* **Equipo de pruebas de jarras**

Volumen de jarras = 02.00 Lts

\* **Agua cruda**

Turbiedad (  $T_o$  ) = 131.0 UNT

Color = 30.00 UC

p H = 7.50

Alcalinidad= 68.00 mg/ Lts

\* **Dosis optima**

Coagulante	:	Sulfato de aluminio	Dosis = 20.00 mg / Lts
Concentracion Optima	:	1.50%	
Modificador de p H	:	-	-
Ayudante de Coagulacion	:	-	-

PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

\* **Mezcla Rapida**

Velocidad = 100.00 rpm

Gradiente de Velocidad = 1100.00  $S^{-1}$

Tiempo de Mezcla = 05 Seg

\* **Sedimentacion**

Profundidad de toma de muestra

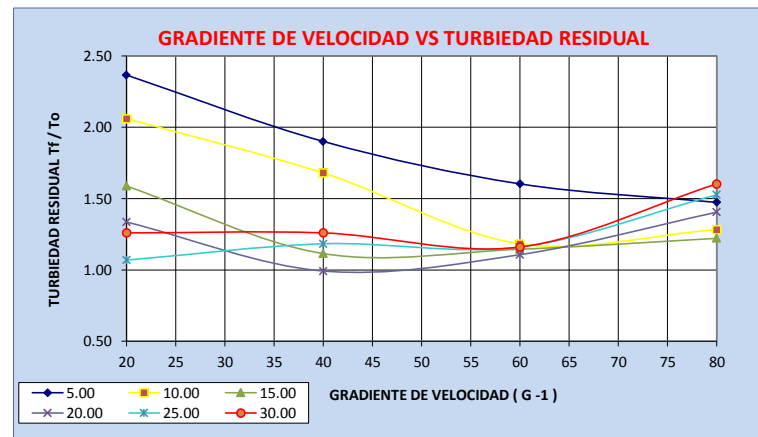
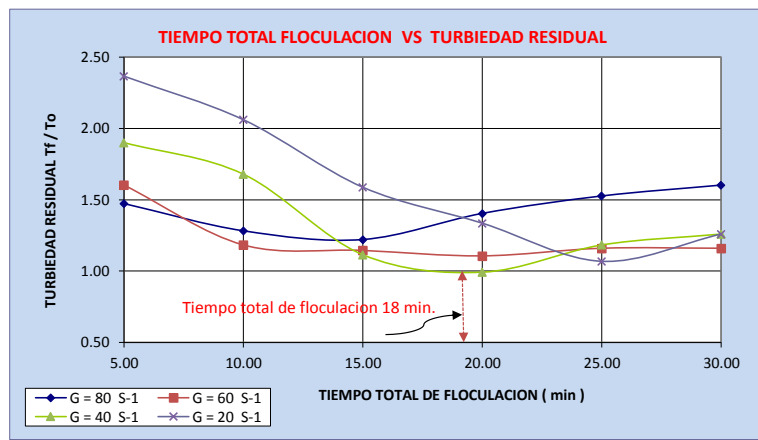
: 6.00 cm

Tiempo de sedimentacion

: 10.00 min

\* **Floculacion**

VELOCIDAD rpm	GRADIENTE DE VELOCIDAD $S^{-1}$	TIEMPOS DE FLOCULACION ( min )											
		5.00		10.00		15.00		20.00		25.00		30.00	
		Tf	T <sub>f</sub> / T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> / T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> / T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> / T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> / T <sub>0</sub>	Tf	T <sub>f</sub> / T <sub>0</sub>
120	G = 80 S <sup>-1</sup>	1.93	1.47	1.68	1.28	1.60	1.22	1.84	1.40	2.00	1.53	2.10	1.60
80	G = 60 S <sup>-1</sup>	2.10	1.60	1.55	1.18	1.50	1.15	1.45	1.11	1.52	1.16	1.52	1.16
40	G = 40 S <sup>-1</sup>	2.49	1.90	2.20	1.68	1.46	1.11	1.30	0.99	1.55	1.18	1.65	1.26
20	G = 20 S <sup>-1</sup>	3.10	2.37	2.70	2.06	2.08	1.59	1.75	1.34	1.40	1.07	1.65	1.26



\* **Valores Criticos De Parametros De Floculacion**

Punto	1	2	3	4	5	6
X Tiempo ( min )	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
Y Gradiente ( $G S^{-1}$ )	80.0	65.0	40.0	38.0	20.0	20.0

Aplicando a estos puntos la teoria de los minimos cuadrados a la ecuacion de una recta  $Y = Bx + A$ , en la cual

$$\log T = X \text{ y } \log G = Y$$

se determina los siguientes valores :

$$A : 87.53$$

$$B : -2.50$$

grado de ajuste (  $R^2$  )

$$R^2 : 0.9277$$

PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

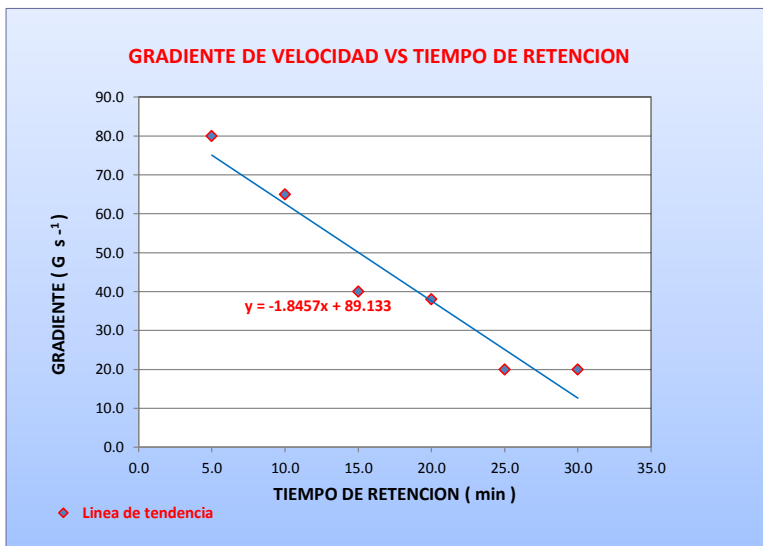
LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016



Obteniendose la recta que representa en la figura de la cual se obtiene los siguientes puntos:

Tiempo ( min )	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
Gradiente ( G s <sup>-1</sup> )	79.33	65.73	52.13	38.53	24.93	11.33

Si se seleccionan tres compartimientos para el floculador siendo el tiempo total de floculación 21.00 min , se tendrán los parámetros de diseño indicadas en el cuadro N°

**CRITERIOS DE DISEÑO DE LA UNIDAD DE FLOCULACION**

Compartimiento	Periodo de retencion ( min )		Gradiente de Velocidad s <sup>-1</sup>
	Parcial	Total	
1	6.00	6	77
2	6.00	12	60
3	6.00	18	44

PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

### C.) PARAMETROS DE DECANTACION

**Objetivo:** Determinar la tasa de diseño y eficiencia remocional de un sedimentador laminar de placas planas en condiciones ideales

#### C.1) CARGA SUPERFICIAL

##### C.1.1 ) ENSAYO N°01

**\* Equipo de pruebas de jarras**

Volumen de jarras = 02.00 Lts

**\* Agua cruda**

Turbiedad ( To ) = 16.90 UNT

Color = 50.00 UC

pH = 8.01

Alcalinidad= 68.00 mg/ Lts

**\* Dosis optima**

Coagulante :

Sulfato de aluminio

Dosis = 30.00 mg / Lts

Concentraci3n Optima :

1.50%

Modificador de pH :

-

-

Ayudante de Coagulaci3n :

-

-

**\* Mezcla Rapida**

Velocidad = 100.00 rpm

Gradiente de Velocidad = 1100.00

S<sup>-1</sup>

Tiempo de Mezcla = 05 Seg

**\* Floculaci3n**

Gradientes :

74 G-1

55 G-1

36 G-1

Tiempo :

7.00 min

14.00 min

21.00 min

**\* Sedimentaci3n**

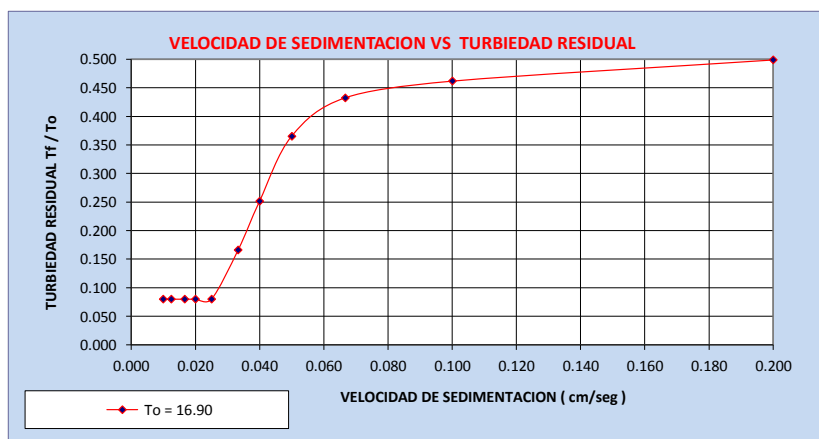
Profundidad de toma de muestra

: 6.00 cm

Tiempo de sedimentaci3n

: 10.00 min

Tiempo de sedimentacion ( min )	Velocidad de sedimentacion " Vs" ( cm/s)	Tasa de sedimentacion q (m/d)	TURBIEDAD ( UNT )				Tr / To	
			Incial To ( UNT )	Final Tr ( UNT )				
				1°	2°	3°		Promedio
0.50	0.200	172.80	To = 16.90	8.42	8.44	8.43	8.43	0.499
1.00	0.100	86.40	To = 16.90	7.75	7.82	7.84	7.80	0.462
1.50	0.067	57.60	To = 16.90	7.20	7.35	7.38	7.31	0.433
2.00	0.050	43.20	To = 16.90	6.15	6.20	6.18	6.18	0.365
2.50	0.040	34.56	To = 16.90	4.20	4.25	4.31	4.25	0.252
3.00	0.033	28.80	To = 16.90	2.78	2.80	2.85	2.81	0.166
4.00	0.025	21.60	To = 16.90	1.35	1.35	1.35	1.35	0.080
5.00	0.020	17.28	To = 16.90	1.35	1.35	1.35	1.35	0.080
6.00	0.017	14.40	To = 16.90	1.35	1.35	1.35	1.35	0.080
8.00	0.013	10.80	To = 16.90	1.35	1.35	1.35	1.35	0.080
10.00	0.010	8.64	To = 16.90	1.35	1.35	1.35	1.35	0.080



PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

SELECCIÓN DE LA TASA DE SEDIMENTACION						
To = 16.90 UNT		a = 0.025		Cf = 0.080		
q ( m³/m² x d )	Vs ( cm / seg )	Co	1- ( Co - C <sub>r</sub> )	R <sub>t</sub>	T <sub>r</sub>	T <sub>f</sub>
10	0.012	0.080	1.000	1.000	16.90	0.000
20	0.023	0.080	1.000	1.000	16.90	0.000
30	0.035	0.190	0.890	0.985	16.64	0.260
40	0.046	0.340	0.740	0.940	15.89	1.011
51	0.059	0.390	0.690	0.911	15.39	1.510
60	0.069	0.420	0.660	0.891	15.06	1.839
70	0.081	0.450	0.630	0.872	14.74	2.162
80	0.093	0.460	0.620	0.861	14.56	2.344
90	0.104	0.470	0.610	0.852	14.40	2.505
100	0.116	0.472	0.608	0.846	14.30	2.597
110	0.127	0.478	0.602	0.840	14.20	2.703
120	0.139	0.480	0.600	0.836	14.13	2.772

La carga superficial del decantador ( q ) es aquella que produce el valor de turbiedad final ( Tf ) deseado en el efluente de la unidad 51.00 ( m³/ m² x d )

#### C.1.2 ) ENSAYO N°02

##### \* Equipo de pruebas de jarras

Volumen de jarras = 02.00 Lts

##### \* Agua cruda

Turbiedad ( To ) = 131.00 UNT

Color = 30.00 UC

pH = 7.50

Alcalinidad = 68.00 mg/ Lts

##### \* Dosis optima

Coagulante :

Sulfato de aluminio

Dosis = 20.00 mg / Lts

Concentracion Optima :

1.50%

Modificador de pH :

-

Ayudante de Coagulation :

-

##### \* Mezcla Rapida

Velocidad = 100.00 rpm

Gradiente de Velocidad = 1100.00

S<sup>-1</sup>

Tiempo de Mezcla = 05 Seg

##### \* Floculacion

Gradientes :

77 G-1

60 G-1

44 G-1

Tiempo :

6.00 min

12.00 min

18.00 min

##### \* Sedimentacion

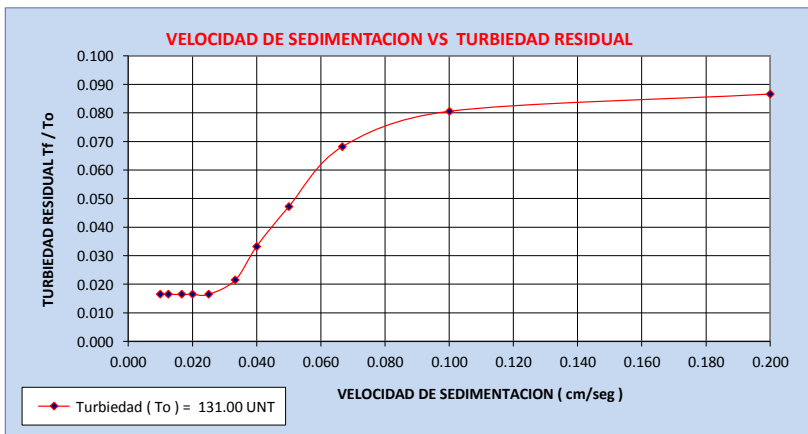
Profundidad de toma de muestra

: 6.00 cm

Tiempo de sedimentacion

: 10.00 min

Tiempo de sedimentacion ( min )	Velocidad de sedimentacion " Vs" ( cm/s)	Tasa de sedimentacion q ( m/d )	Incial T <sub>0</sub> ( UNT )	TURBIEDAD ( UNT )				T <sub>f</sub> / T <sub>0</sub>
				Final T <sub>f</sub> ( UNT )				
				1°	2°	3°	Promedio	
0.50	0.200	172.80	To = 131.00	11.50	11.34	11.20	11.35	0.087
1.00	0.100	86.40	To = 131.00	10.45	10.56	10.66	10.56	0.081
1.50	0.067	57.60	To = 131.00	8.94	8.91	8.93	8.93	0.068
2.00	0.050	43.20	To = 131.00	6.15	6.20	6.18	6.18	0.047
2.50	0.040	34.56	To = 131.00	4.33	4.31	4.42	4.35	0.033
3.00	0.033	28.80	To = 131.00	2.18	2.15	2.13	2.81	0.021
4.00	0.025	21.60	To = 131.00	2.15	2.15	2.16	2.15	0.016
5.00	0.020	17.28	To = 131.00	2.15	2.15	2.16	2.15	0.016
6.00	0.017	14.40	To = 131.00	2.15	2.15	2.16	2.15	0.016
8.00	0.013	10.80	To = 131.00	2.15	2.15	2.16	2.15	0.016
10.00	0.010	8.64	To = 131.00	2.15	2.15	2.16	2.15	0.016



PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

SELECCIÓN DE LA TASA DE SEDIMENTACION						
To = 131.00 UNT		a = 0.025		Cf = 0.016		
q ( m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> x d )	Vs ( cm / seg )	Co	1- ( Co - C <sub>r</sub> )	R <sub>t</sub>	T <sub>r</sub>	T <sub>f</sub>
10	0.012	0.016	1.000	1.000	131.00	0.000
20	0.023	0.016	1.000	1.000	131.00	0.000
30	0.035	0.025	0.991	0.999	130.83	0.165
40	0.046	0.048	0.968	0.993	130.04	0.964
50	0.058	0.058	0.958	0.988	129.44	1.563
55	0.064	0.070	0.946	0.984	128.85	2.148
60	0.069	0.072	0.944	0.982	128.65	2.348
70	0.081	0.075	0.941	0.980	128.33	2.672
80	0.093	0.080	0.936	0.977	127.94	3.060
90	0.104	0.082	0.934	0.975	127.71	3.285
100	0.116	0.083	0.933	0.974	127.56	3.441
110	0.127	0.084	0.932	0.973	127.42	3.579

La carga superficial del decantador (q) es aquella que produce el valor de turbiedad final (T<sub>f</sub>) deseado en el efluente de la unidad 55.00 ( m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> x d )

## C.2) TASA DE PRODUCCION DE LODOS

### C.2.1) ENSAYO N°01

#### \* Equipo de pruebas de jarras

Volumen de jarras = 02.00 Lts

#### \* Agua cruda

Turbiedad ( To ) = 16.90 UNT

Color = 50.00 UC

p H = 8.01

Alcalinidad= 68.00 mg/ Lts

#### \* Dosis optima

Coagulante :  
Concentracion Optima :  
Modificador de p H :  
Ayudante de Coagulacion :

Sulfato de aluminio  
1.50%

Dosis = 30.00 mg / Lts

#### \* Mezcla Rapida

Velocidad = 100.00 rpm

Gradiente de Velocidad = 1100.00 s<sup>-1</sup>

Tiempo de Mezcla = 05 Seg

#### \* Floculacion

Gradientes : 74 G-1 55 G-1 36 G-1  
Tiempo : 7.00 min 14.00 min 21.00 min

#### \* Sedimentacion

Carga superficial: 51.00 ( m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> x d )

Tiempo de sedimentacion

: 10.00 min

Tasa de remocion de lodos : 0.001 L . l/seg

### C.2.2) ENSAYO N°02

#### \* Equipo de pruebas de jarras

Volumen de jarras = 02.00 Lts

#### \* Agua cruda

Turbiedad ( To ) = 131.00 UNT

Color = 30.00 UC

p H = 7.50

Alcalinidad= 68.00 mg/ Lts

#### \* Dosis optima

Coagulante :  
Concentracion Optima :  
Modificador de p H :  
Ayudante de Coagulacion :

Sulfato de aluminio  
1.50%

Dosis = 20.00 mg / Lts

#### \* Mezcla Rapida

Velocidad = 100.00 rpm

Gradiente de Velocidad = 1100.00 s<sup>-1</sup>

Tiempo de Mezcla = 05 Seg

#### \* Floculacion

Gradientes : 77 G-1 60 G-1 44 G-1  
Tiempo : 6.00 min 12.00 min 18.00 min

#### \* Sedimentacion

Carga superficial: 55.00 ( m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> x d )

Tiempo de sedimentacion

: 10.00 min

Tasa de remocion de lodos : 0.005 L . l/seg



PROYECTO DE TESIS : DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA – SAN HILARION - PICOTA – SAN MARTIN.

LOCALIDAD DEL PROYECTO : LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - REGION SAN

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : RIO HUALLAGA ( CAPTACION) - COORDENADAS UTM ( E : 341015 , N: 9225176 )

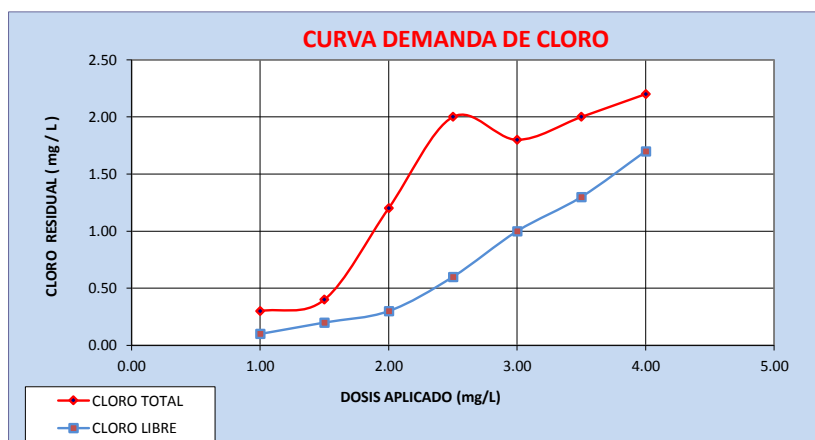
ENSAYO REALIZADO : ENSAYOS DE PRUEBAS DE JARRAS PARA OBTENER PARAMETROS DE DISEÑO PARA UNA P.T.A.P

HECHO POR : BACH. LUIS GUSTAVO VARGAS PAUCAR

FECHA : OCTUBRE 2016

D . ) DETERMINACION DE LA DEMANDA DE CLORO DEL RIO HUALLAGA

Nº	CLORO		HORA DE ADICION	HORA DE ANALISIS	CLORO RESIDUAL		
	ppm	ml			LIBRE	TOTAL	COMBINADO
1	1.00	0.25	15:25	15:55	0.10	0.30	0.20
2	1.50	0.50	15:30	16:00	0.20	0.40	0.20
3	2.00	0.75	15:35	16:05	0.30	1.20	0.90
4	2.50	1.00	15:40	16:10	0.60	2.00	1.40
5	3.00	1.25	15:45	16:15	1.00	1.80	0.80
6	3.50	1.50	15:50	16:20	1.30	2.00	0.70
7	4.00	1.75	15:55	16:25	1.70	2.20	0.50



Demanda de cloro al BREAK POINT= ppm de cloro adicionado en el BREAK POINT - ppm del cloro residual total  
 Demanda= 3 - 1.8 = 1.2 ppm

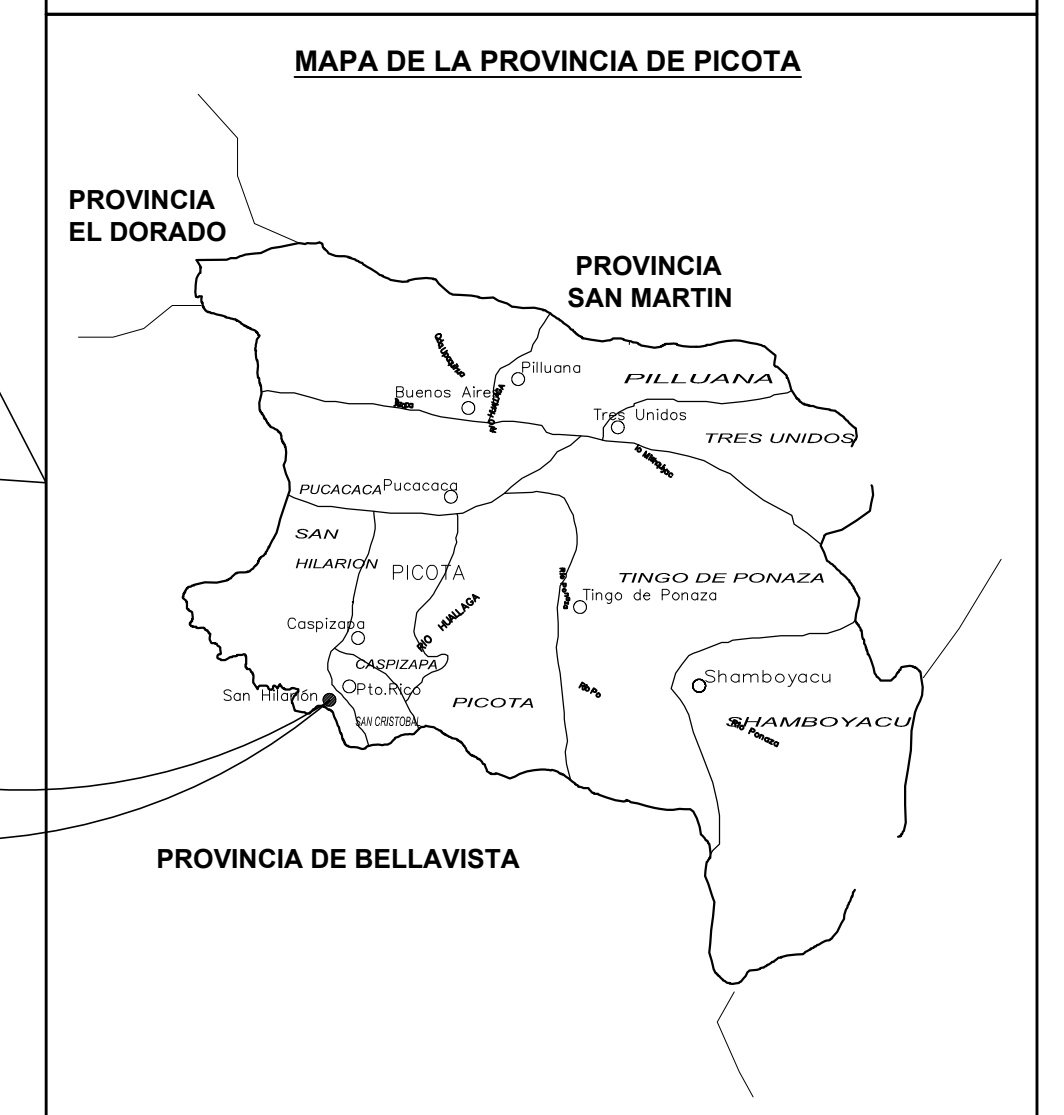
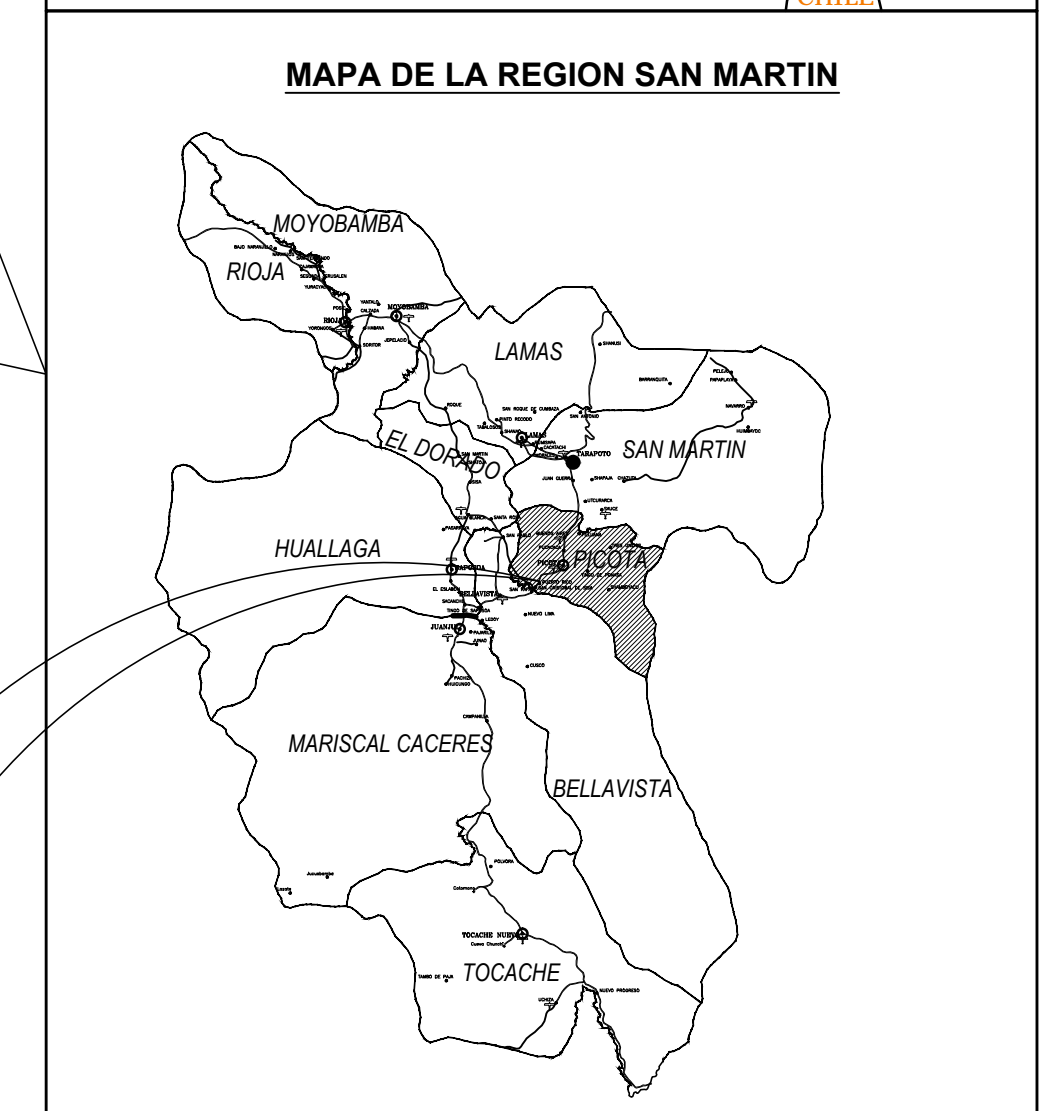
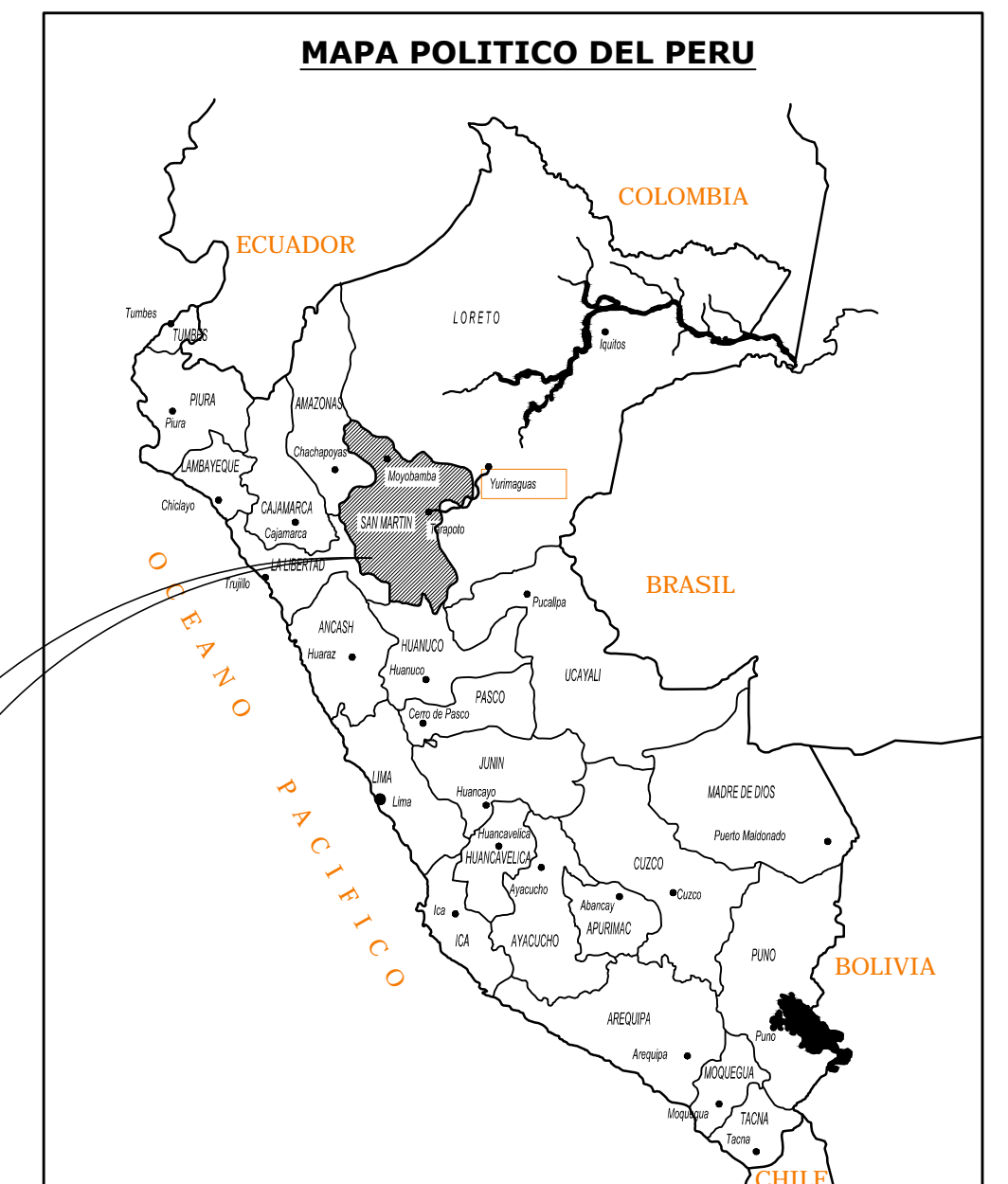
Se requiere 3 ppm de cloro al 99.9% para obtener un residual de 1.0 con un tiempo de contacto de 30 minutos.

D . ) RESULTADOS DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO SEGÚN LOS ENSAYOS REALIZADOS

Para el diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, teniendo como fuente de agua el rio Huallaga, teniendo en cuenta las condiciones críticas se deberá considerar lo siguiente:

INSTALACIONES DE TRATAMIENTO	PARAMETROS OPTIMOS	
INSTALACIONES DE DOSIFICACION	DOSIS OPTIMA DE COAGULACION	30 mg / L
	CONCENTRACION	1.50%
UNIDAD DE TRATAMIENTO	TIEMPO DE RETENCION	GRADIENTE DE VELOCIDAD
MEZCLA RAPIDA	05 SEGUNDOS	1100 G <sup>-1</sup>
FLOCULACION	07 MINUTOS	74 G <sup>-1</sup>
	07 MINUTOS	55 G <sup>-1</sup>
	07 MINUTOS	36 G <sup>-1</sup>
	TOTAL = 21 MINUTOS	
DECANTADORES	CARGA SUPERFICIAL ( q )	55 m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> X d
	VELOCIDAD DE SEDIMENTACION ( Vs )	0.064 cm/seg
	TASA DE REMOCION DE LODOS	0.005 L . l/seg
DESINFECCION	DEMANDA DE CLORO	03 mg / L

Conclusiones.- El agua del rio Huallaga, presenta condiciones favorables para la buena formación de los flóculos, produciendo un agua decantada una turbiedad de 1,5 NTU.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:  
**DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - SAN HILARION - PICOTA - SAN MARTIN**

PLANO:  
**PLANO DE UBICACION DEL PROYECTO**

UBICACION:  
DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

FECHA:  
BACH. VARGAS PAUCAR LUIS GUSTAVO

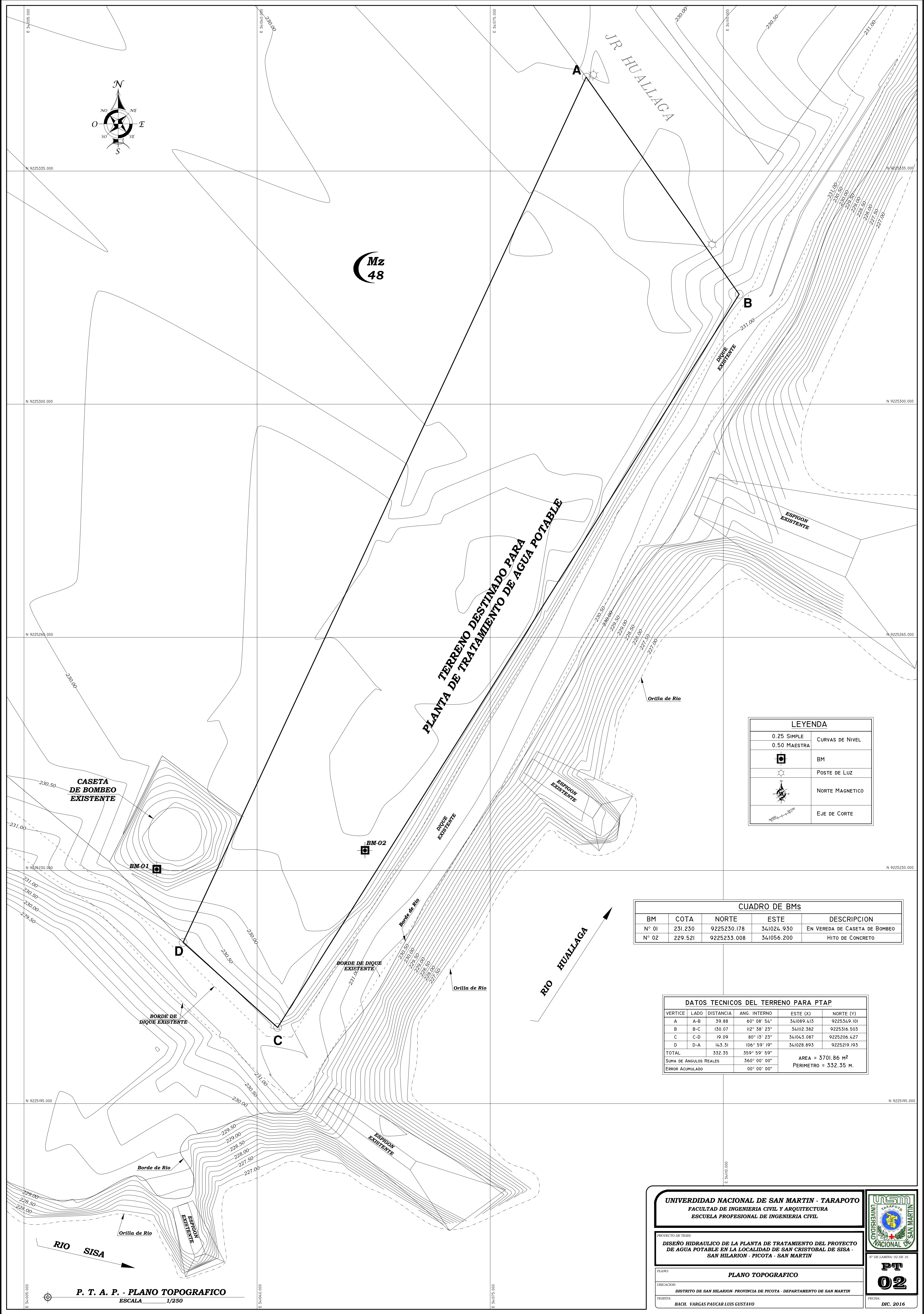
**UNSM**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

3º DE LAMINA 01 DE 10

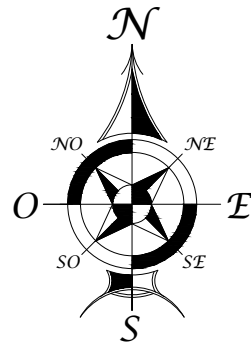
**PUP**  
**01**

FECHA:  
DIC. 2016









DESCRIPCION DE LA P.T.A.P.	CANT.
CAMARA DE REUNION 4 M <sup>3</sup>	01 UND.
SEDIMENTADOR DE FLUJO HORIZONTAL DE 2 NAVES	01 UND.
FLOCULADOR DE 3 COMPARTIMIENTOS	01 UND.
DECANTADOR DE 2 NAVES	01 UND.
FILTROS DE FILTRACION RAPIDA 5 COMPART.	01 UND.
CISTERNA DE 430 M <sup>3</sup>	01 UND.
CASETA CLORACION	01 UND.
CASA QUIMICA	01 UND.
LABORATORIO PARA EL CONTROL DE CALIDAD	01 UND.

LEYENDA	
0.25 SIMPLE	CURVAS DE NIVEL
0.50 MAESTRA	
	BM
	POSTE DE LUZ
	NORTE MAGNETICO
	EJE DE CORTE

CUADRO DE BMS				
BM	COTA	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
N° 01	231.230	9225230.178	341024.930	EN VEREDA DE CASETA DE BOMBEO
N° 02	229.521	9225233.008	341056.200	HITO DE CONCRETO

DATOS TECNICOS DEL TERRENO PARA PTAP				
VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANG. INTERNO	ESTE (X) NORTE (Y)
A	A-B	39.88	60° 08' 54"	341089.413 9225349.101
B	B-C	130.07	112° 38' 23"	341112.382 9225316.503
C	C-D	19.09	80° 13' 23"	341043.087 9225206.427
D	D-A	143.31	106° 59' 19"	341028.893 9225219.193
TOTAL		332.35	359° 59' 59"	
SUMA DE ANGULOS REALES			360° 00' 00"	AREA = 3701.86 M <sup>2</sup>
ERROR ACUMULADO			00° 00' 00"	PERIMETRO = 332.35 M.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:  
DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - SAN HILARION - PICOTA - SAN MARTIN

PLANO: PLANTA GENERAL DE LA PTAP

UBICACION: DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN  
TESISTA: BACH. VARGAS PAUCAR LUIS GUSTAVO



N° DE LAMINA: 03 DE 16

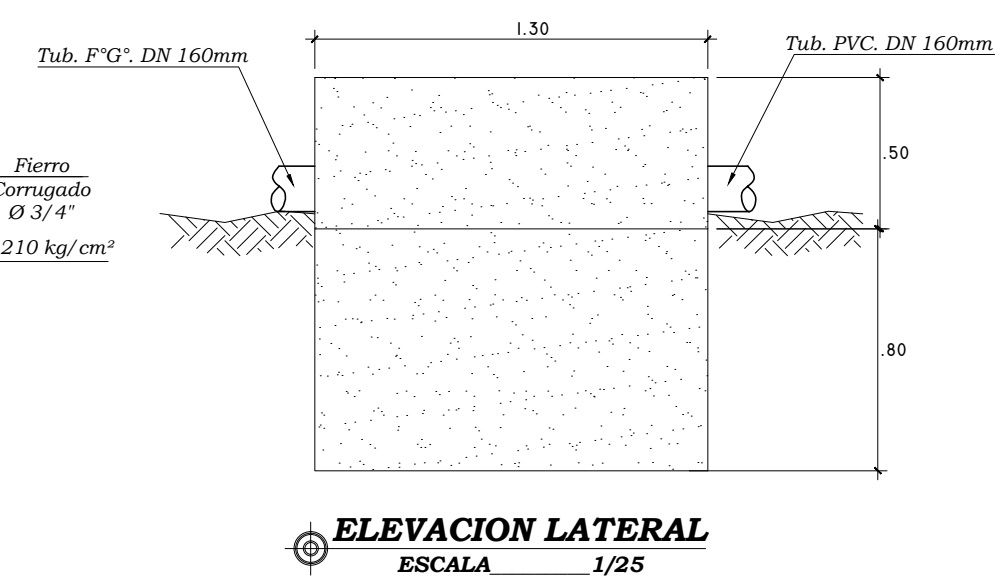
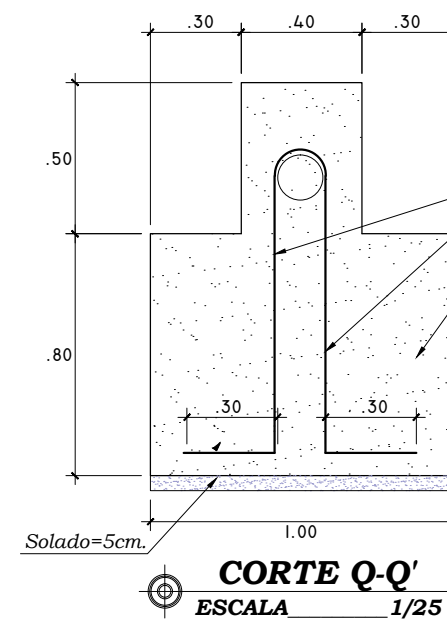
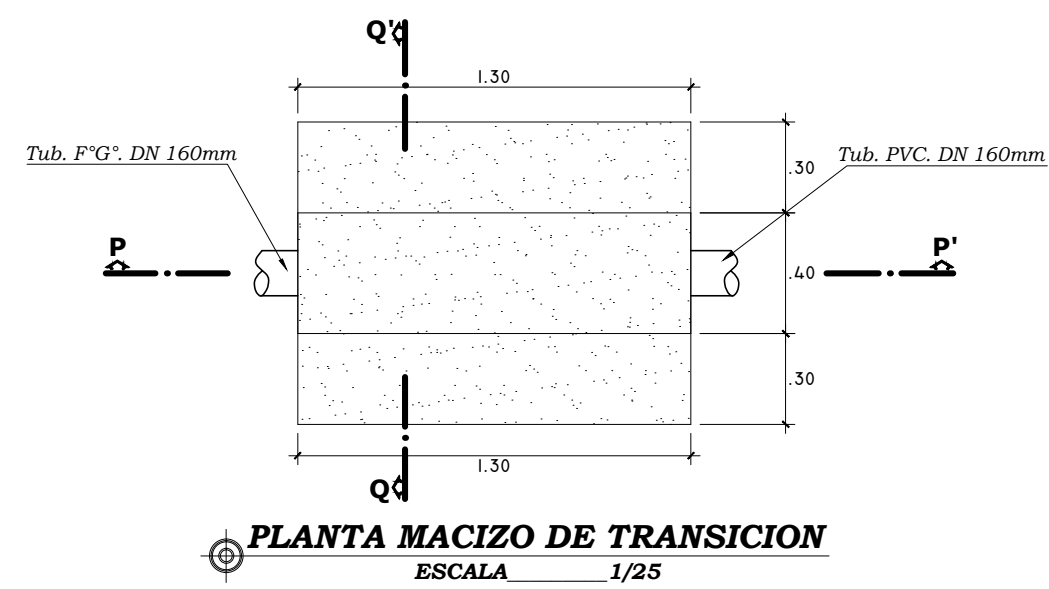
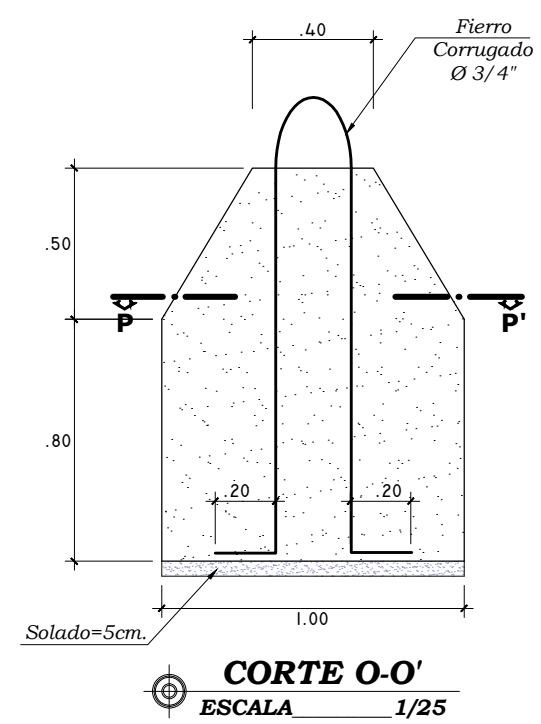
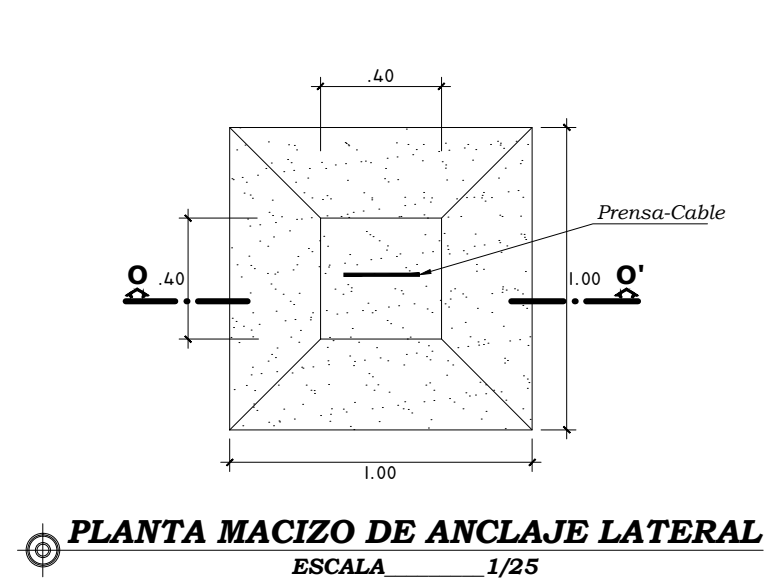
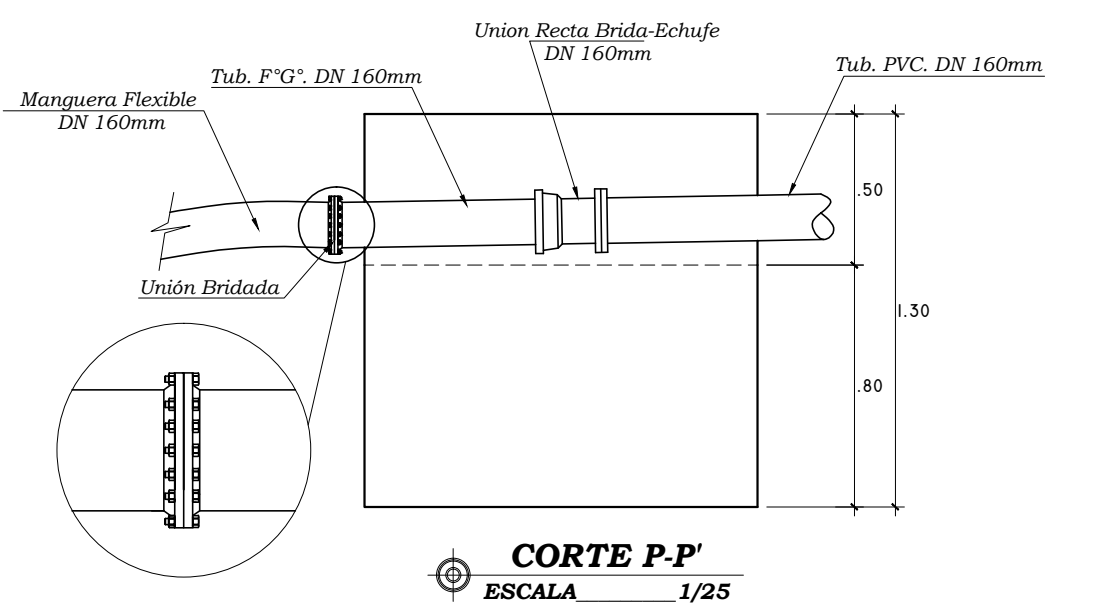
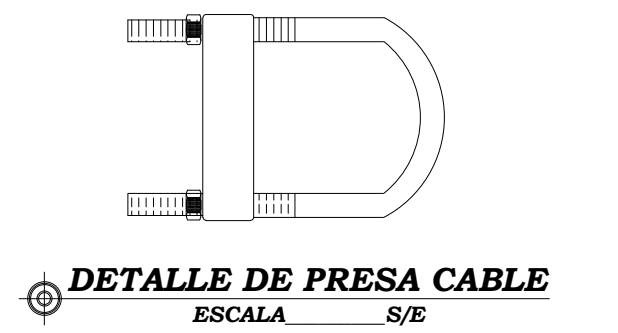
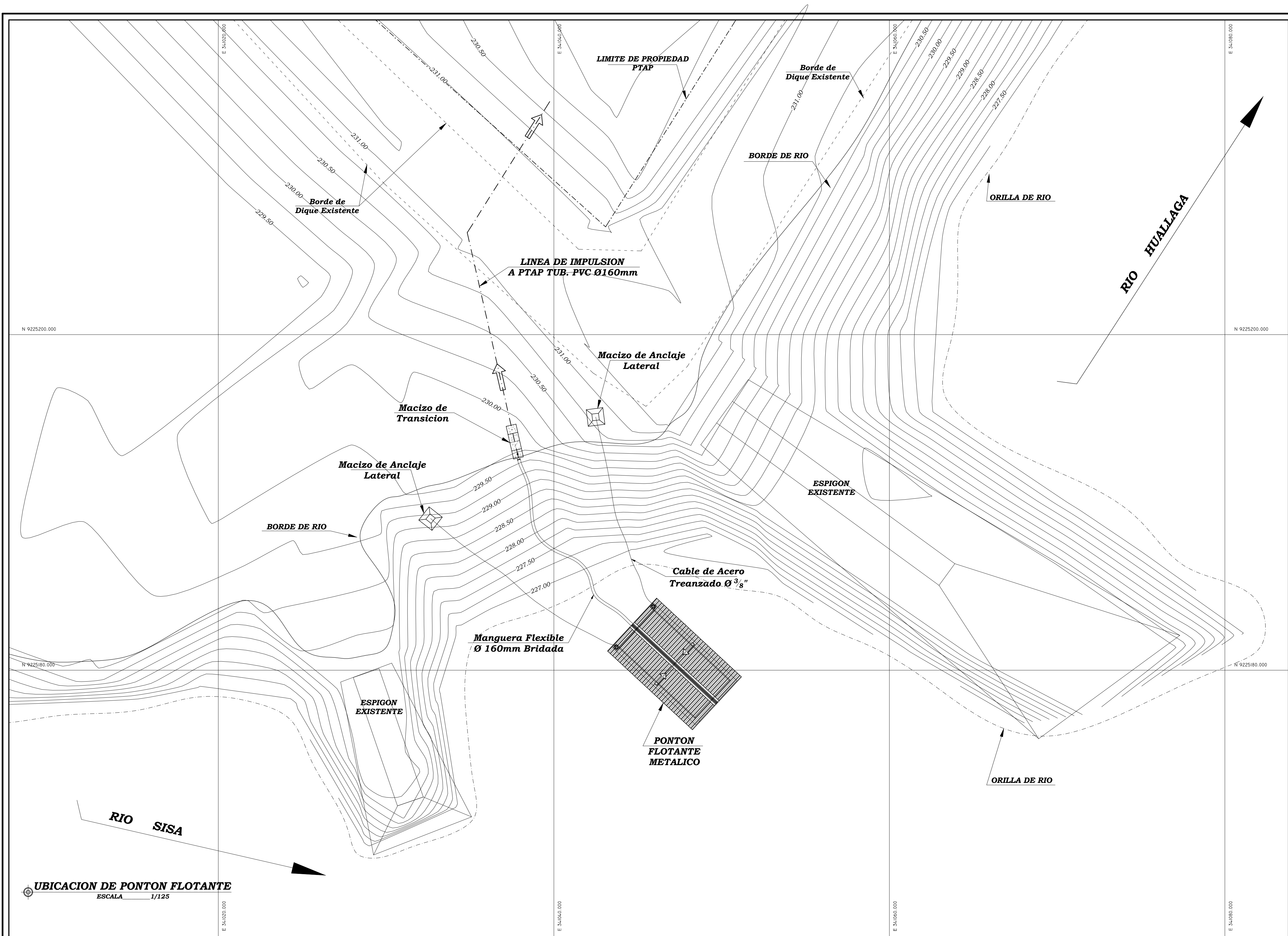
PG-PTAP

03

FECHA: DIC. 2016

PLANTA GENERAL - P. T. A. P.  
ESCALA 1/250

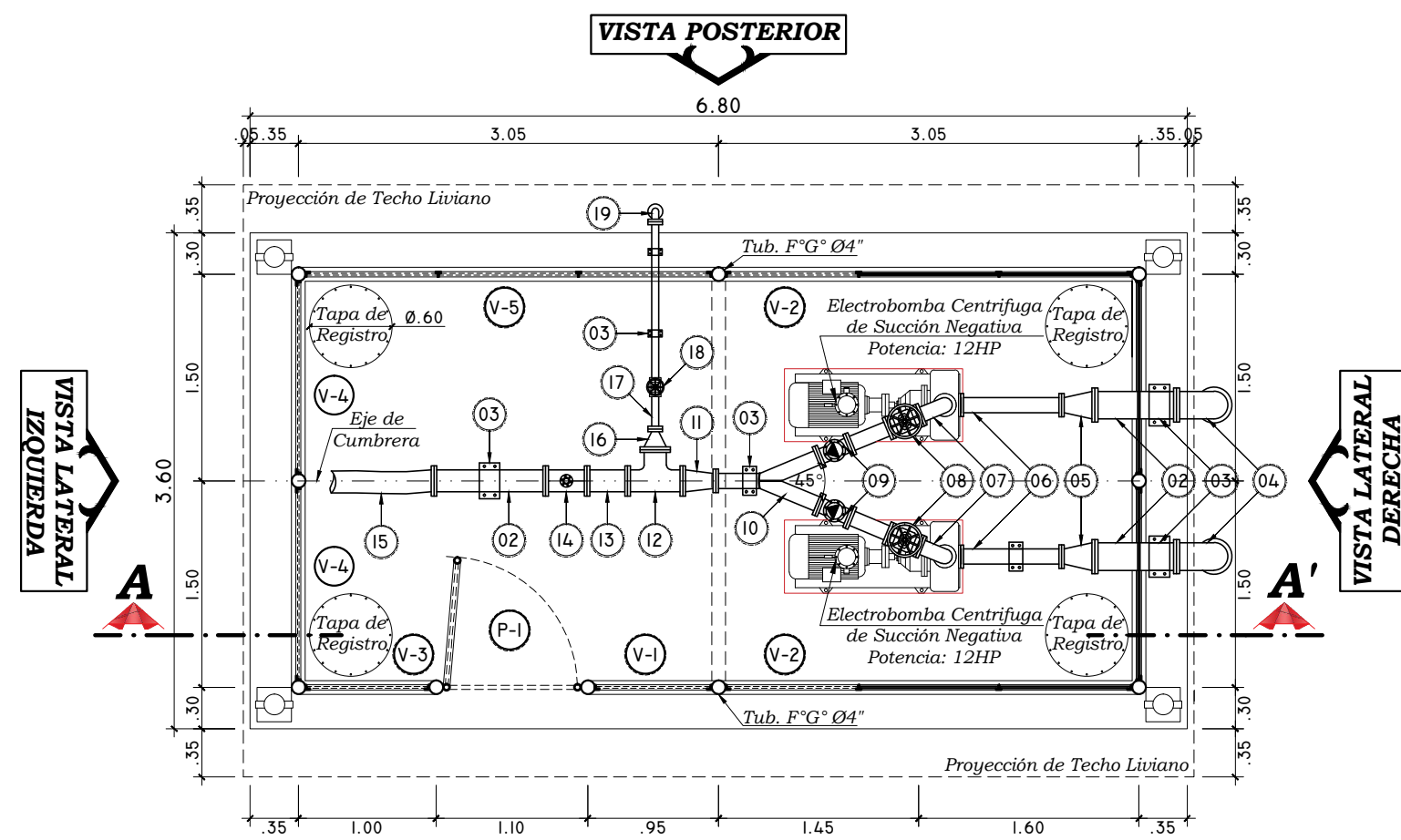




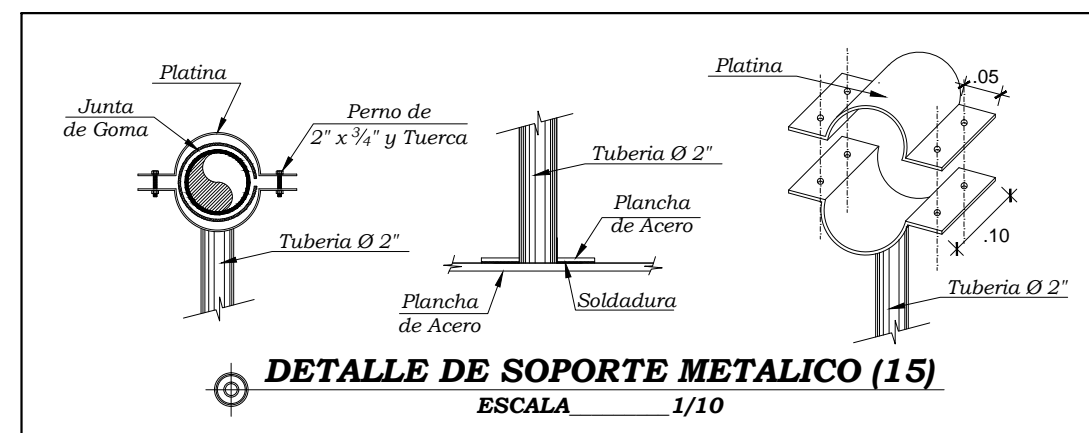
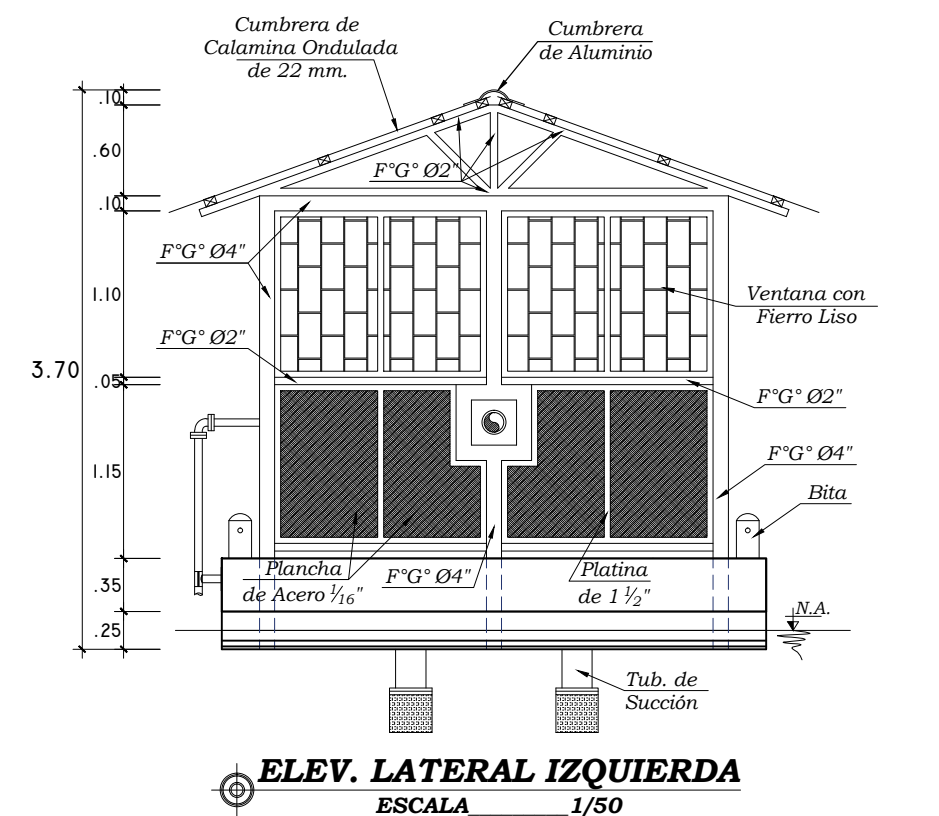
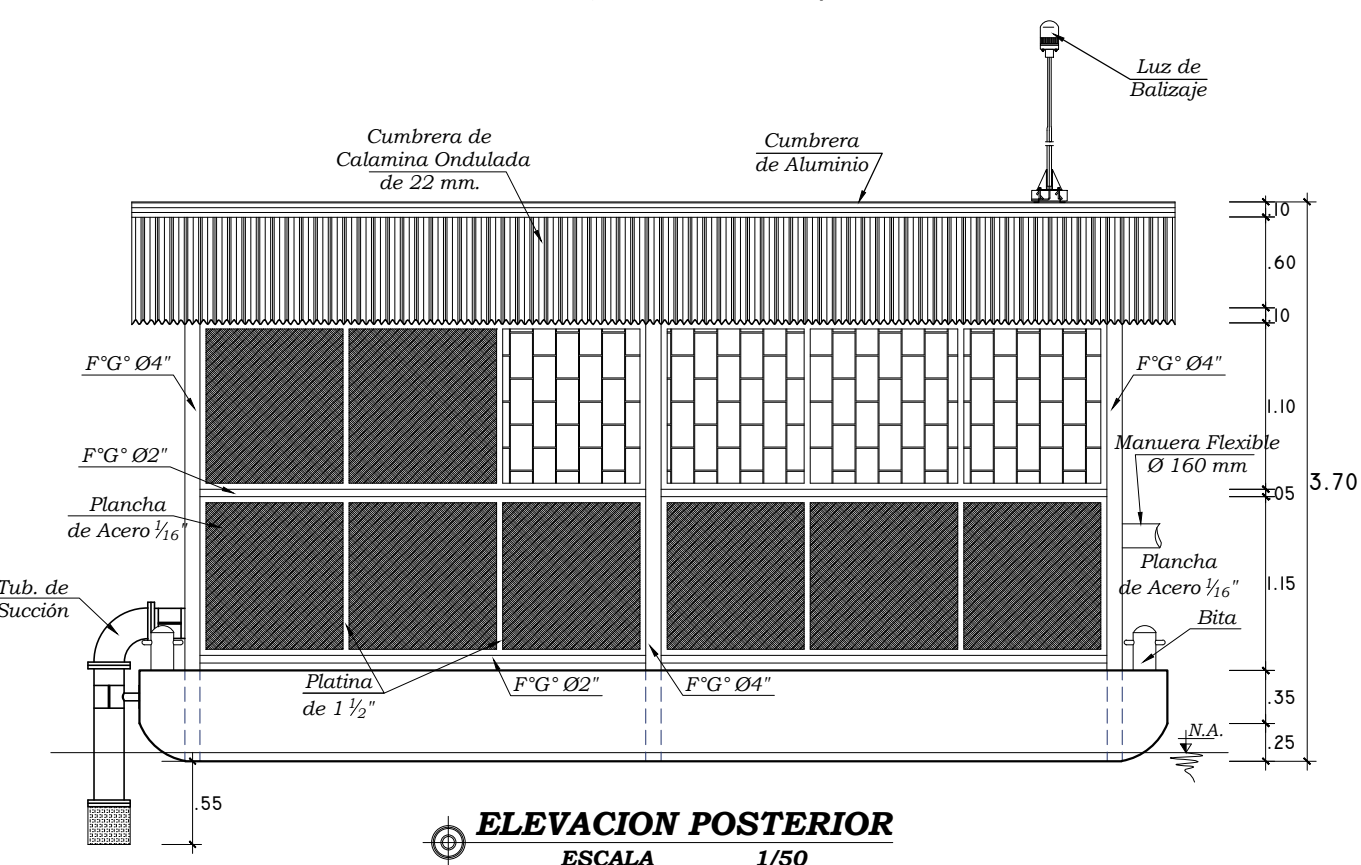
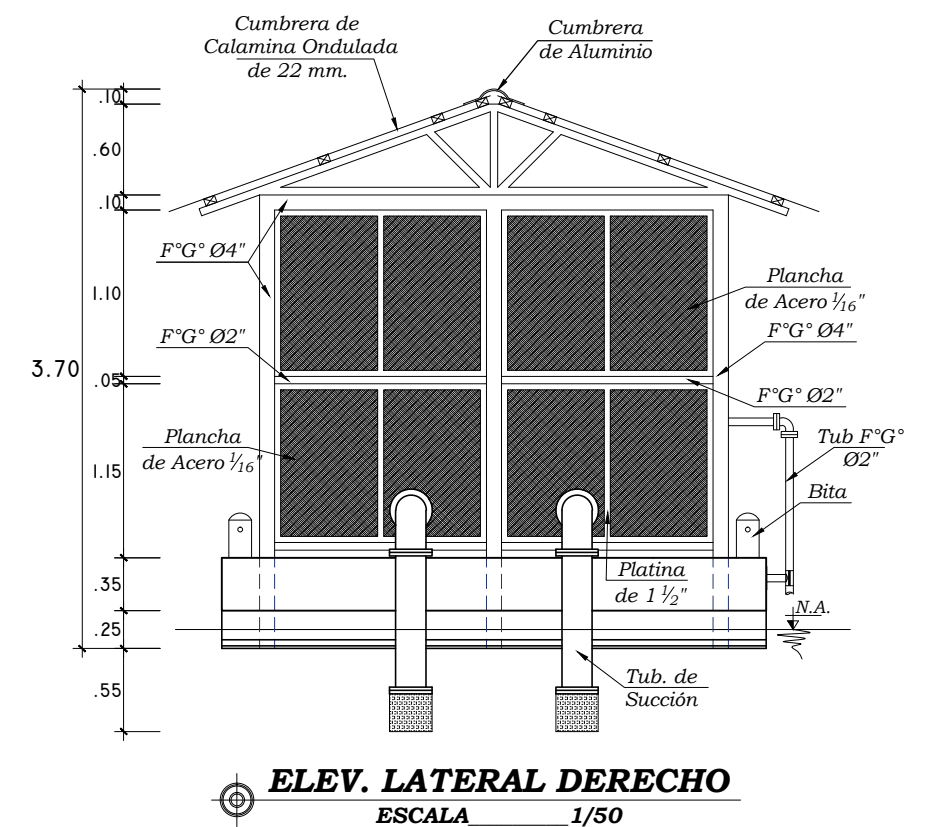
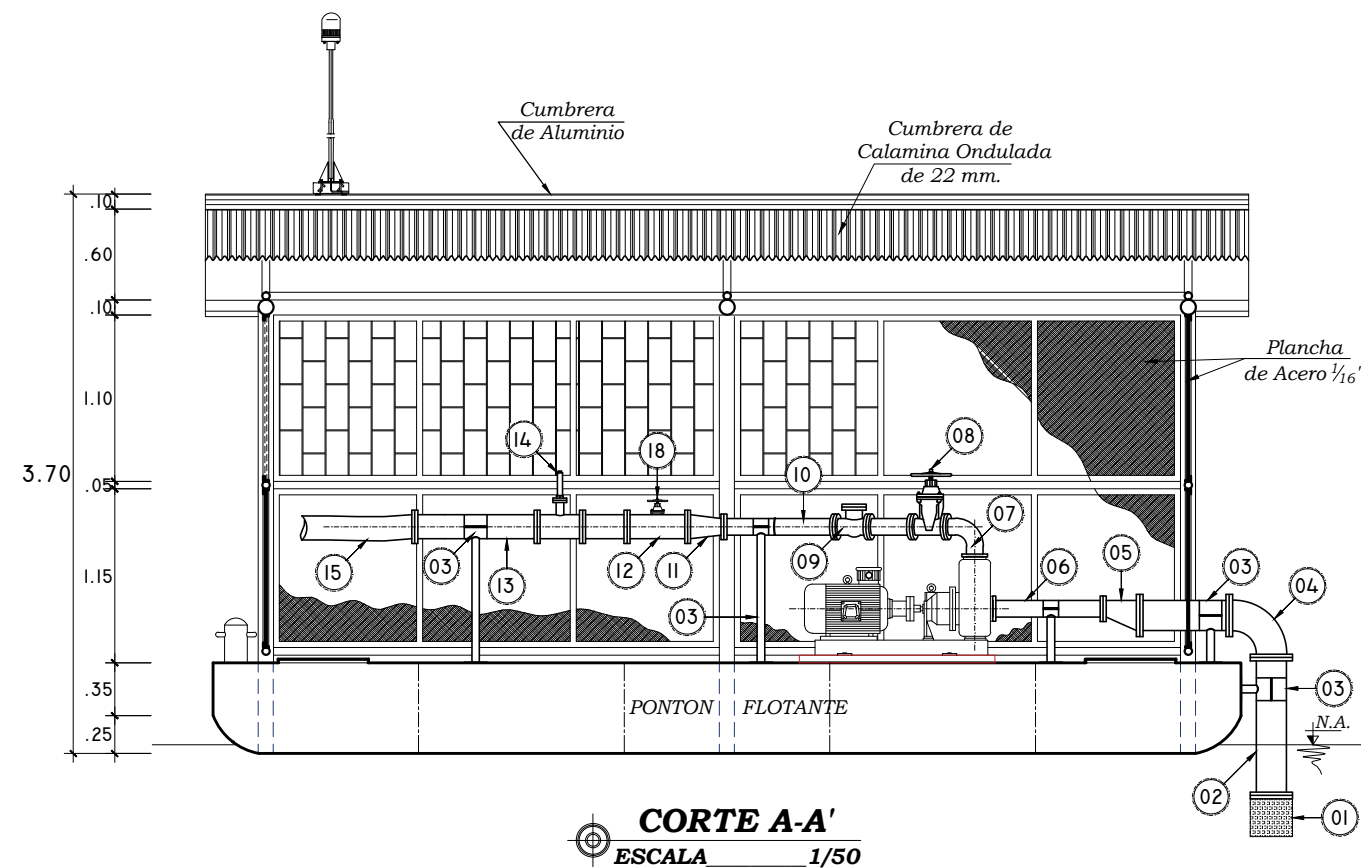
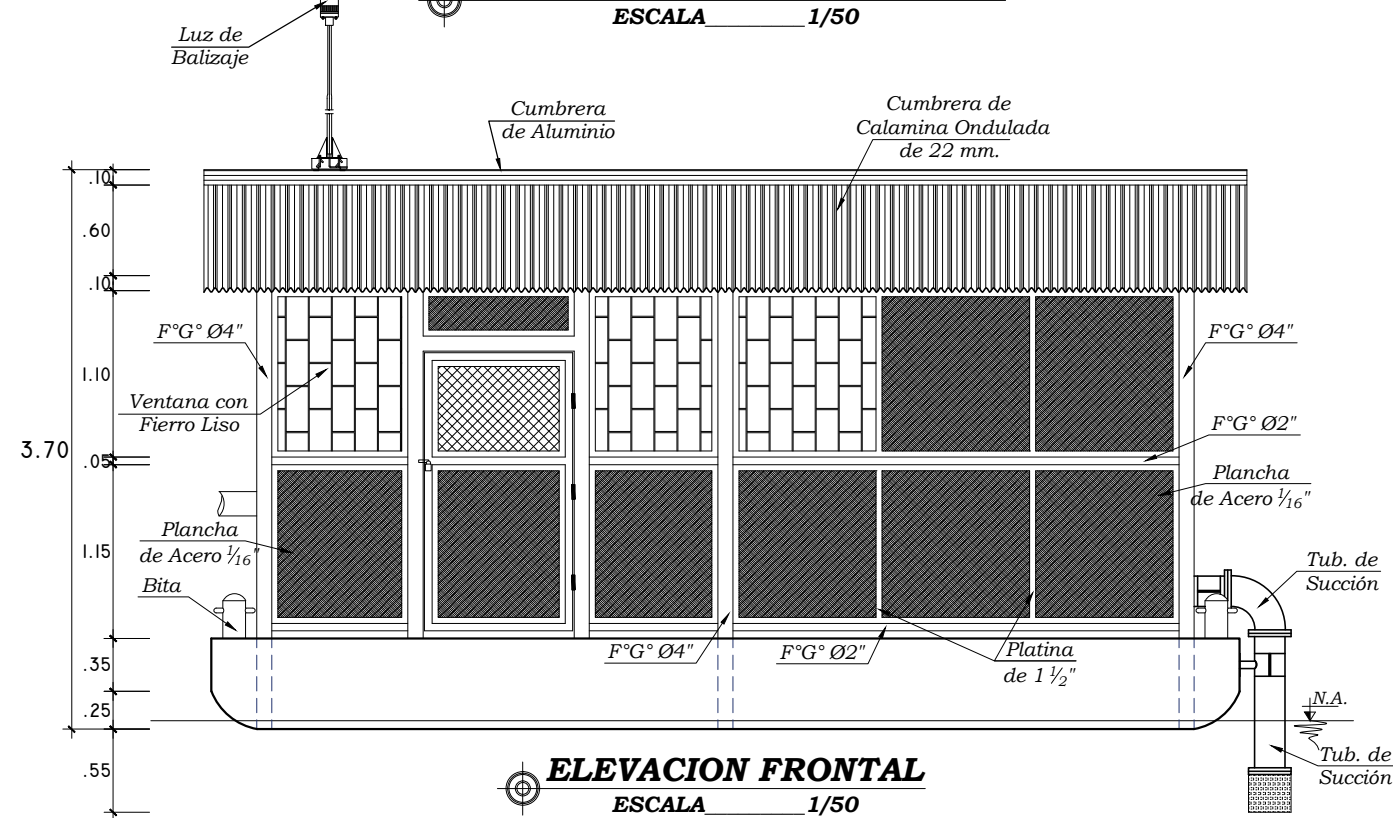
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO</b> FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO DE TESIS: <b>DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - SAN HILARION - PICOTA - SAN MARTIN</b>	
PLANO:	CAPTACION - PONTON METALICO DETALLE DE ANCLAJES
UBICACION:	DISTRITO DE SAN HILARION- PROVINCIA DE PICOTA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN
TESISTA:	BACH. VARGAS PAUCAR LUIS GUSTAVO

<b>UNSM</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
N° DE LAMINA: 65 DE 16
<b>CPM-DA</b> <b>05</b>
FECHA: NOV. 2016





**VISTA FRONTAL**  
**PLANTA GENERAL**  
**INST. HIDRAULICAS**  
**PONTON METALICO FLOTANTE**  
 ESCALA 1/50



**NOTA:**  
**TRABAJOS A REALIZAR EN PINTURA:**  
 Se aplicara pintura epóxica en el interior y exterior del pontón de flotacion.  
 La superestructura con epóxica y acabado con pintura esmalte sintético.  
 El pintado de techo será esmalte sintético.  
 Se aplicará preservantes a las correas de madera.

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**  
 \* Las Tuberías serán de Materia Fierro Galvanizado (F°G°) Bridadas y cumplirán con las especificaciones de la Norma Tecnica Peruana ISO 2531.  
 \*Todas Las Tuberías, Valvulas y Accesorios tendran como Acabado Final (Base Anticorrosivo).  
 \* Las Valvulas serán Bridadas y cumplirán las Norma Tecnica Peruana ISO 7259

INSTALCIONES HIDRAULICAS	
N°	DESCRIPCION
01	CANASTILLA DE FILTRO PARA SUCCION
02	TUBERIA F°G° DN 200mm
03	SOPORTE DEL SISTEMA HIDRAULICO
04	CODO F°G° 200mm x 90°
05	REDUCCION EXCENTRICA F°G° 250 - 110 mm
06	TUBERIA F°G° DN 110mm
07	CODO F°G° 110mm x 90°
08	VALVULA COMPUERTA DN 110mm
09	VALVULA CHECK HORIZONTAL DN 110mm
10	YEE ESPECIAL F°G° DN 110mm.
11	REDUCCION CONCENTRICA F°G° 160 - 110 mm
12	TEE F°G° 160mm
13	TUBERIA F°G° DN 160mm
14	VALVULA DE ALIVIO DN 160mm
15	MANGUERA FLEXIBLE Ø 160mm DE LONA REFORZADA
16	REDUCCION CONCENTRICA F°G° 160mm - 2Pulg.
17	TUBERIA F°G° DN 2Pulg.
18	VALVULA COMPUERTA DN 2Pulg.
19	CODO F°G° 2Pulg. x 90°

CUADRO DE VANOS 1° PISO					
TIPO	ANCH.	ALTO	ALF.	CANT.	DESCRIPCIONES
P-1	1.00	1.90	--	01	DE PLANCHA METALICA, CON MARCOS DE F° G° 2", BATIENTE - UNA HOJA.
TOTAL				01	
V-1	0.85	1.10	1.20	01	DE FIERRO LISO TIPO REJAS, CON MARCOS DE FIERRO ANGULAR (L y T).
V-2	0.95	1.10	1.20	02	DE FIERRO LISO TIPO REJAS, CON MARCOS DE FIERRO ANGULAR (L y T).
V-3	0.90	1.10	1.20	01	DE FIERRO LISO TIPO REJAS, CON MARCOS DE FIERRO ANGULAR (L y T).
V-4	1.40	1.10	1.20	02	DE FIERRO LISO TIPO REJAS, CON MARCOS DE FIERRO ANGULAR (L y T).
V-5	2.95	1.10	1.20	02	DE FIERRO LISO TIPO REJAS, CON MARCOS DE FIERRO ANGULAR (L y T).
TOTAL				07	

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:  
**DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - SAN HILARION - PICOTA - SAN MARTIN**

PLANO:  
**CAPTACION - PONTON METALICO**  
**PLANTA, CORTES E INSTALACIONES HIDRAULICAS**

UBICACION:  
**DISTRITO DE SAN HILARION- PROVINCIA DE PICOTA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN**

TESISTA:  
**BACH. VARGAS PAUCAR LUIS GUSTAVO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
 TARAPOTO

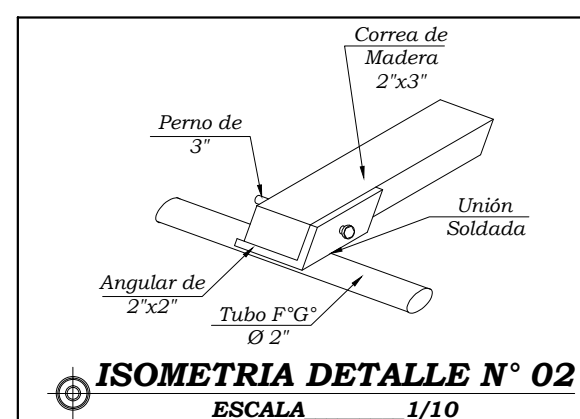
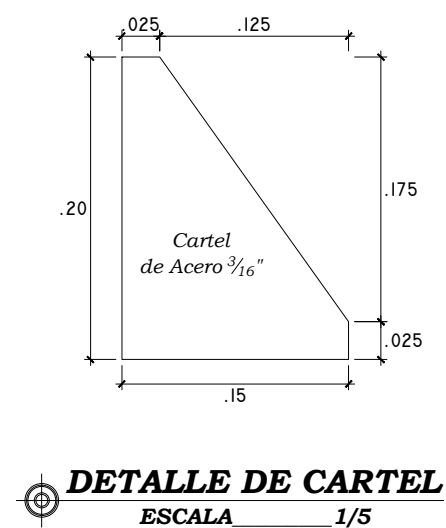
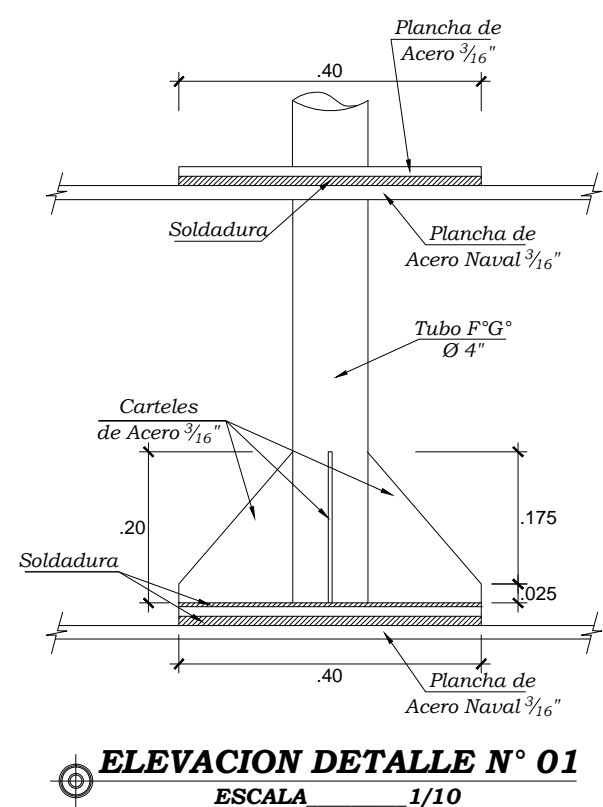
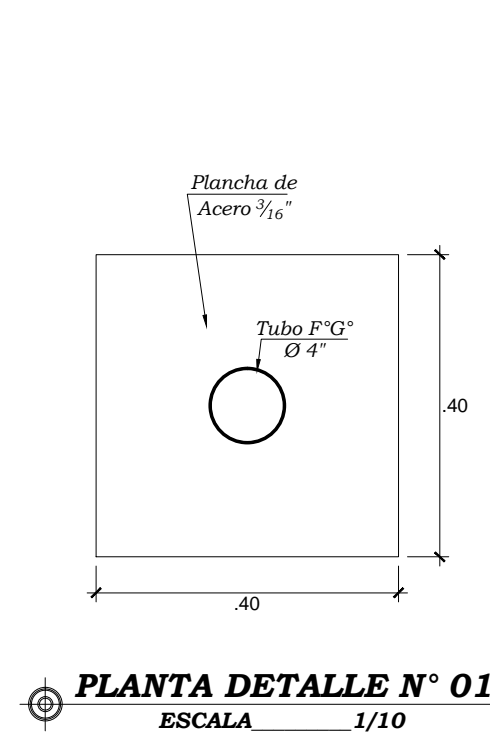
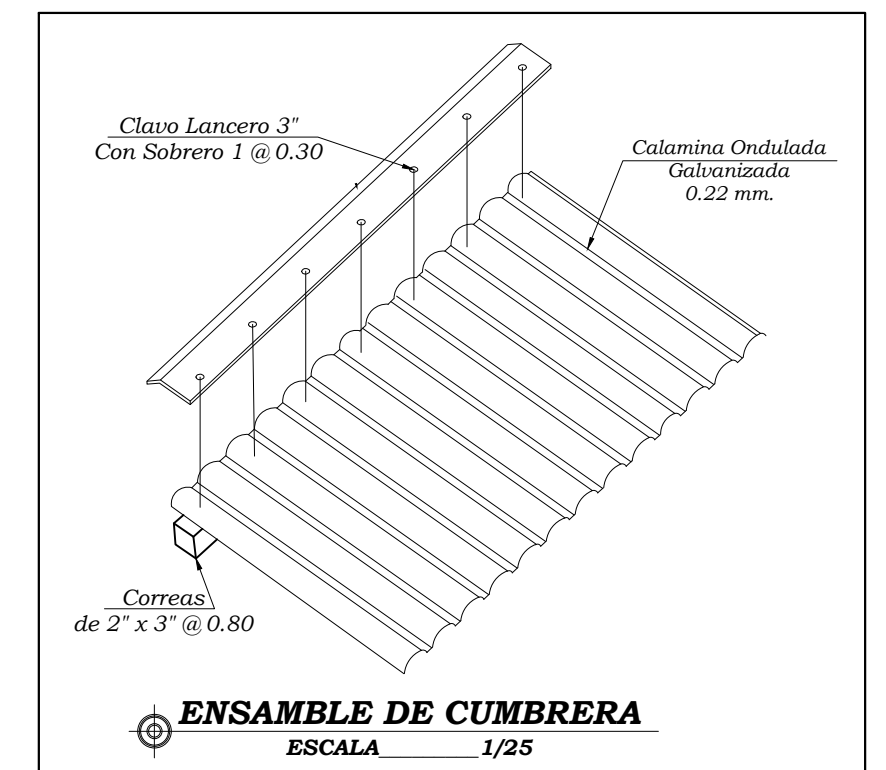
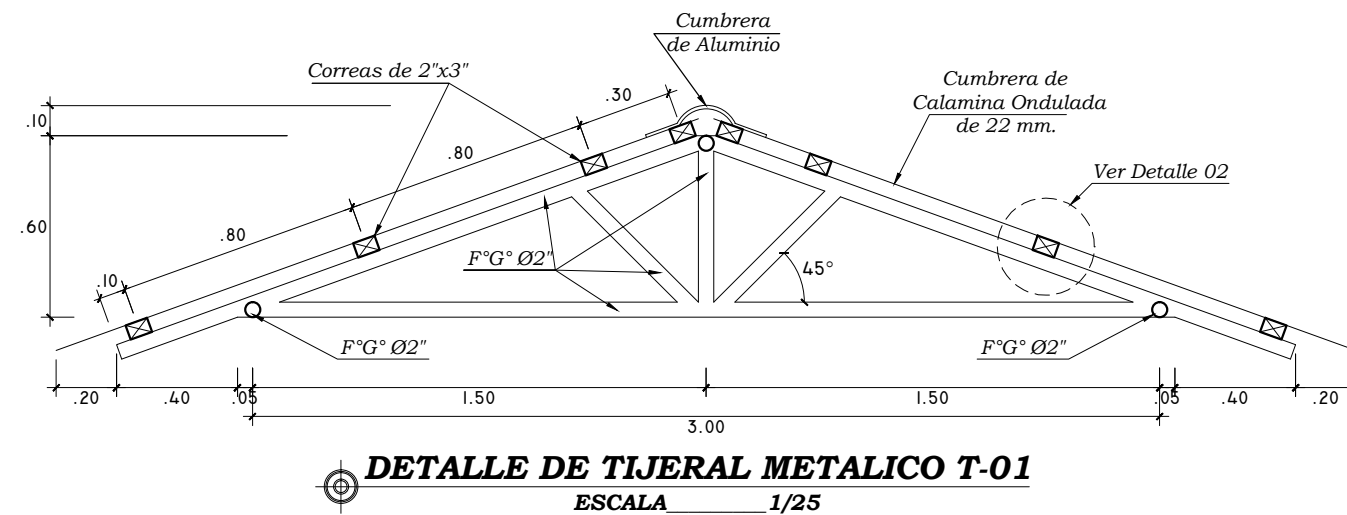
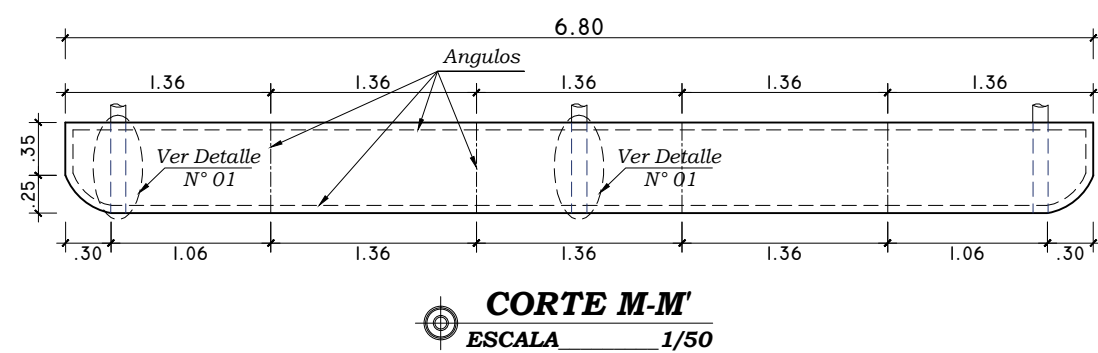
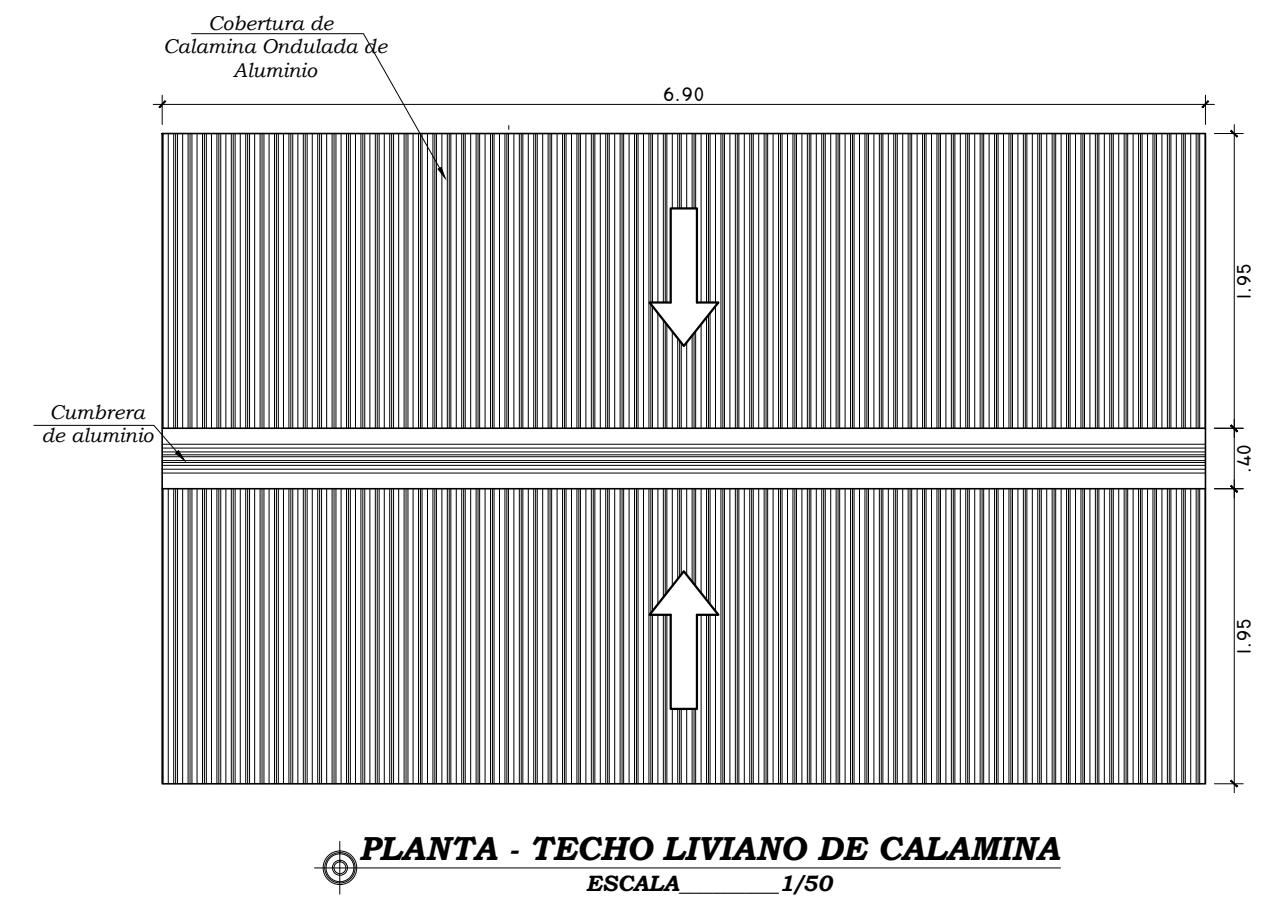
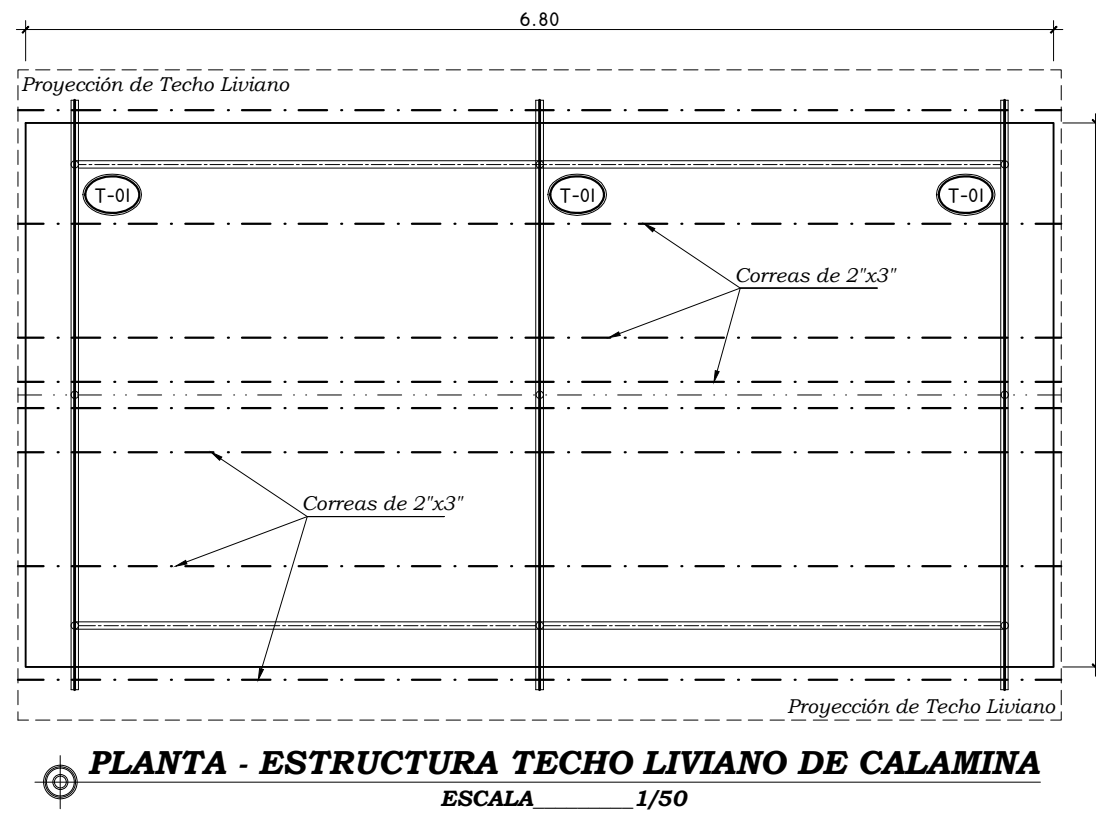
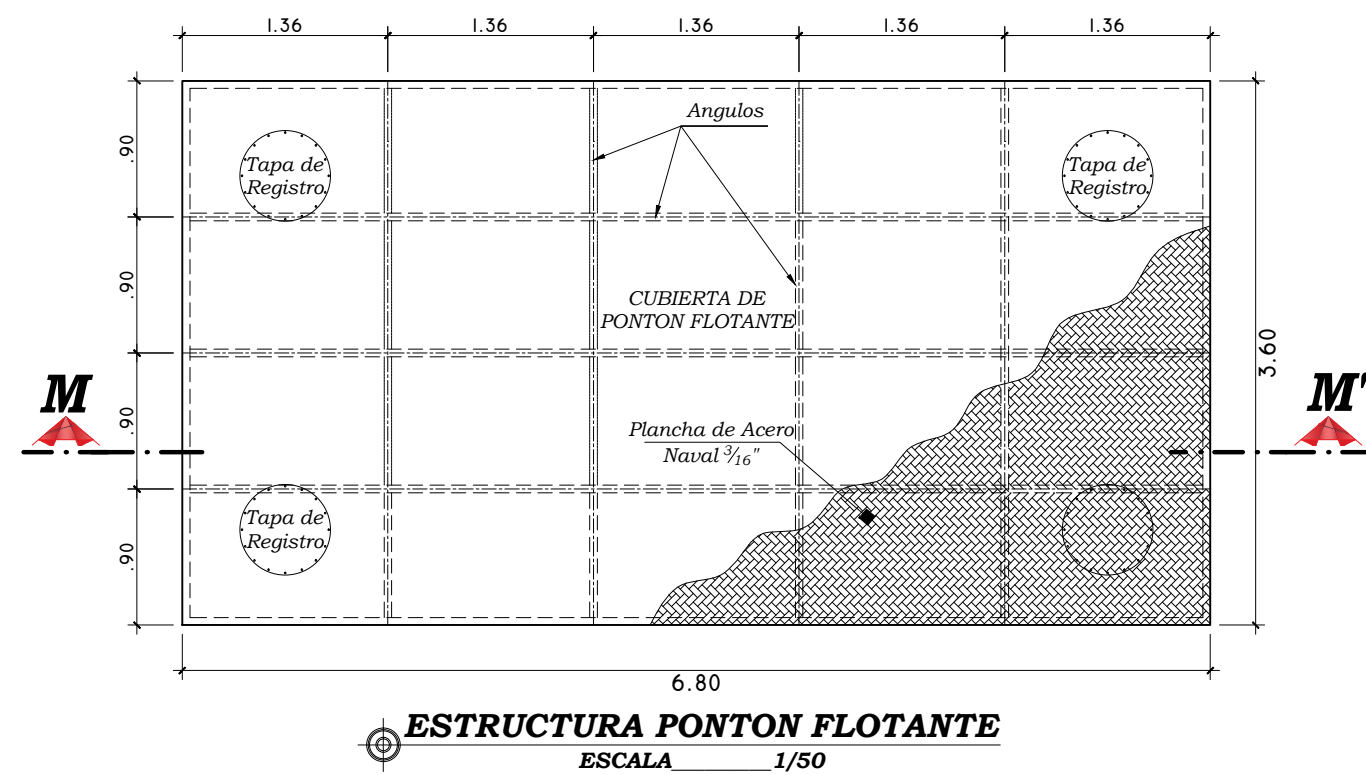
N° DE LAMINA: 06 DE 16

**CPM-PCH**

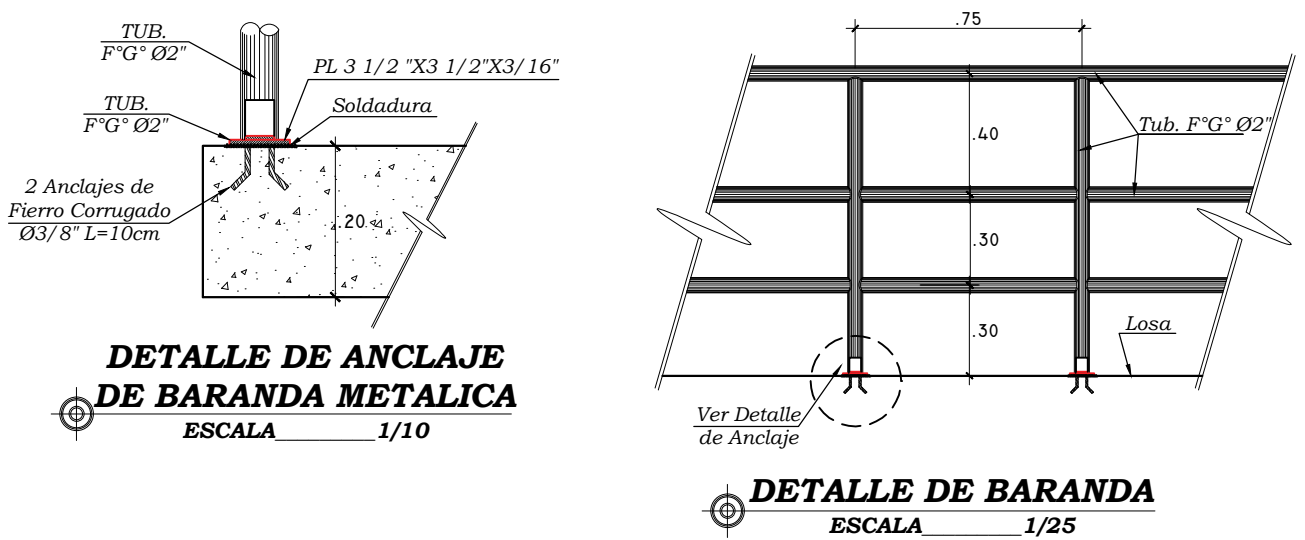
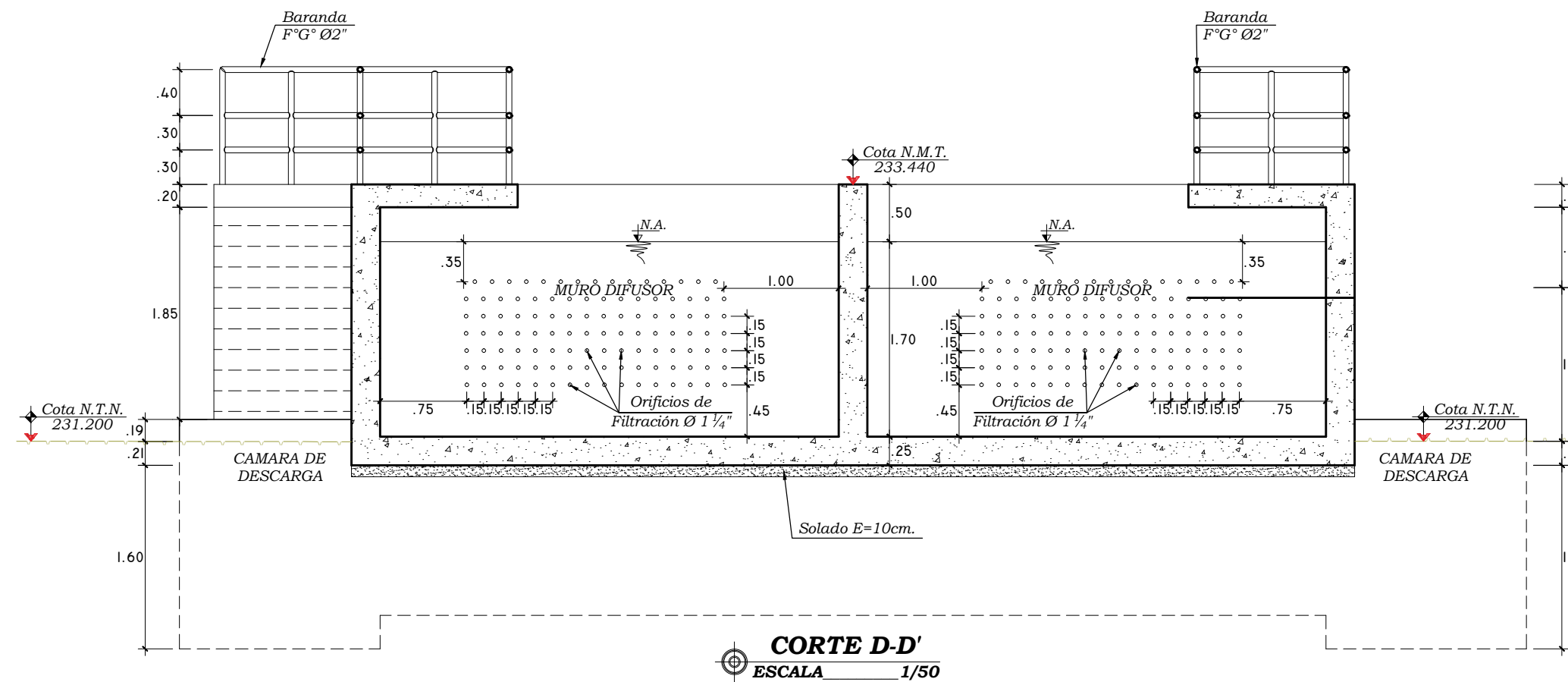
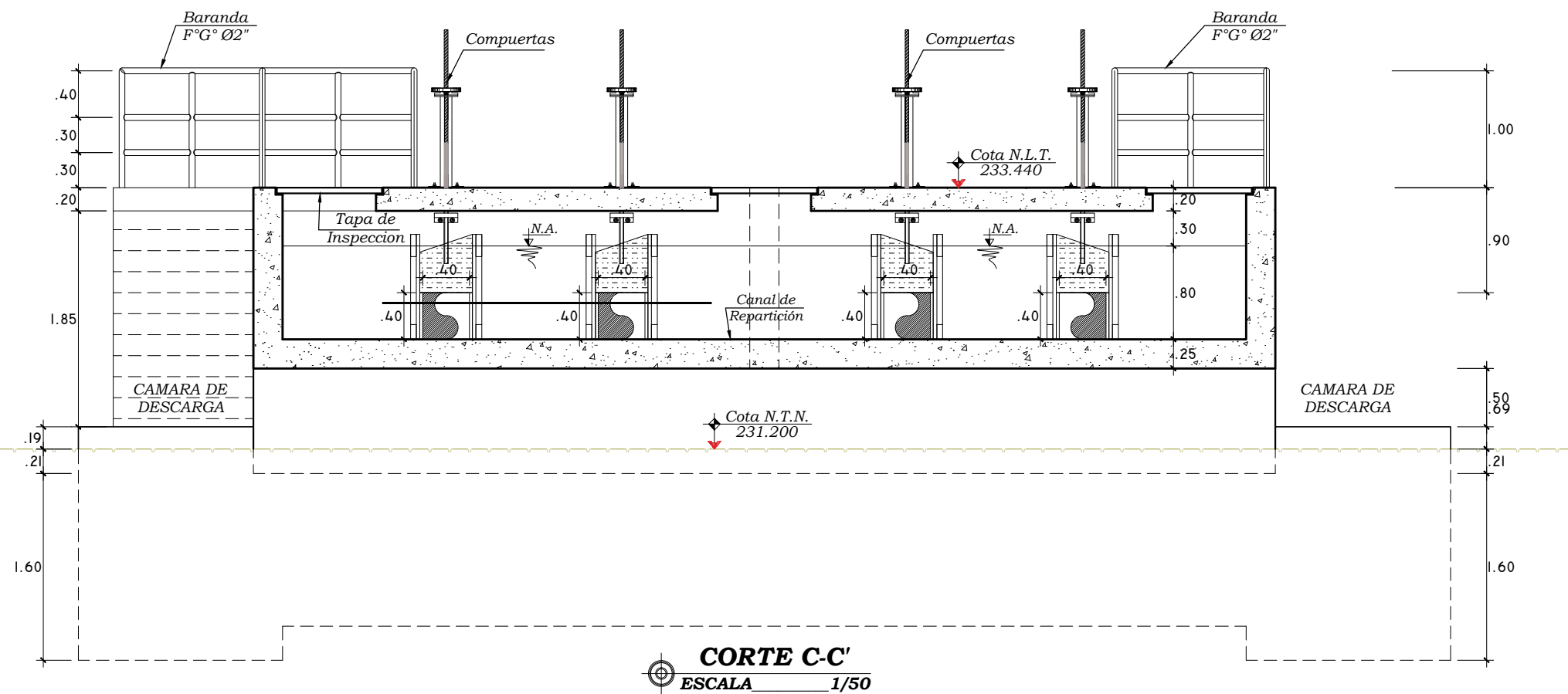
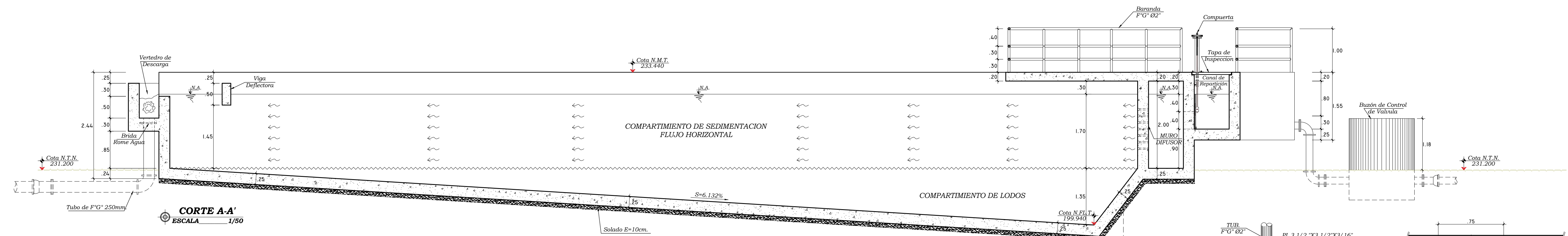
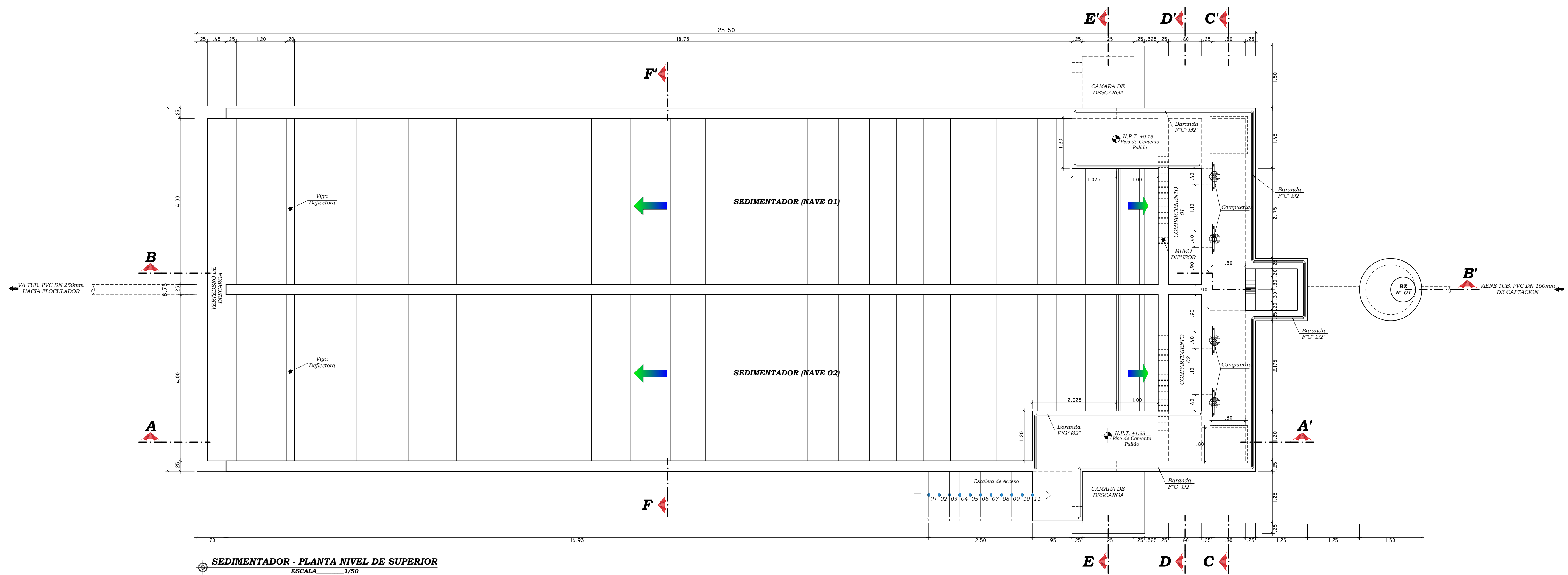
**06**

FECHA:  
**DIC. 2016**



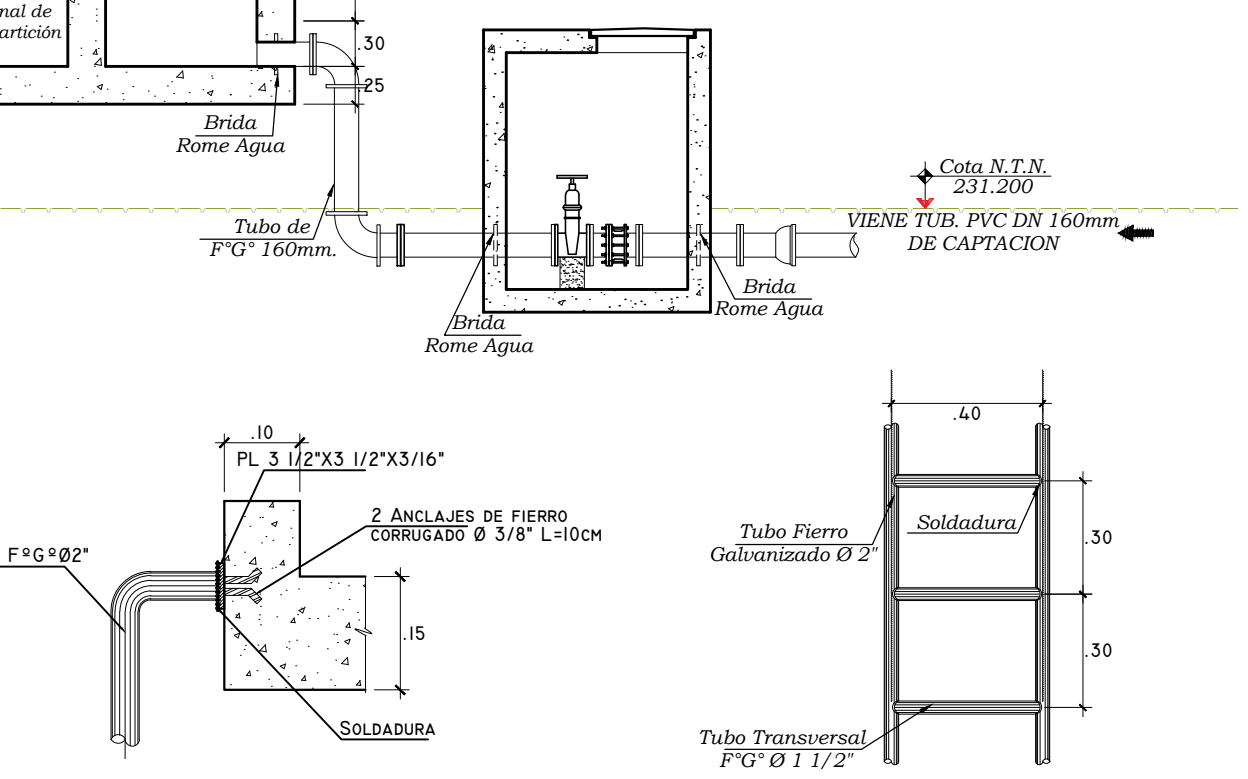
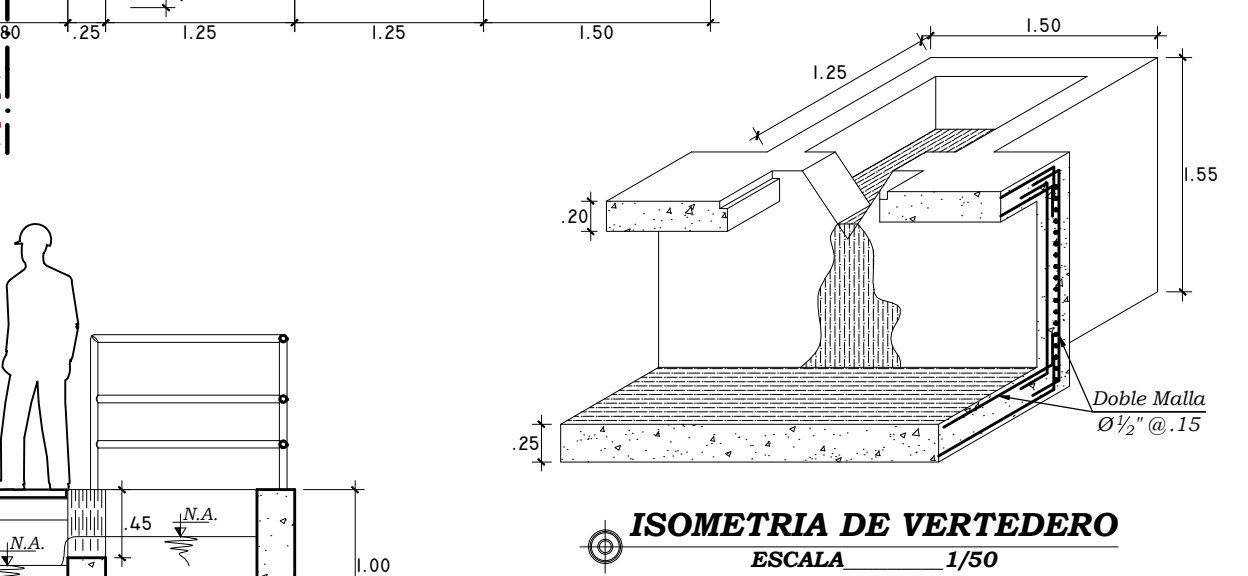
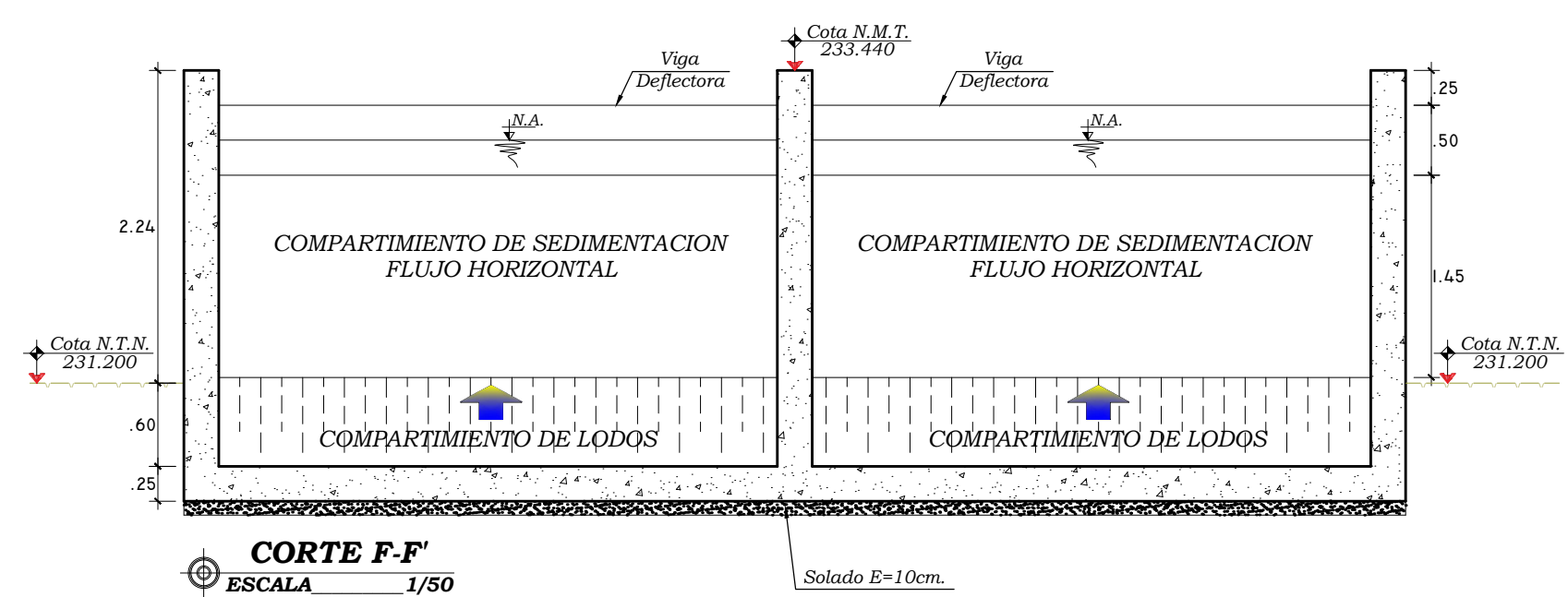
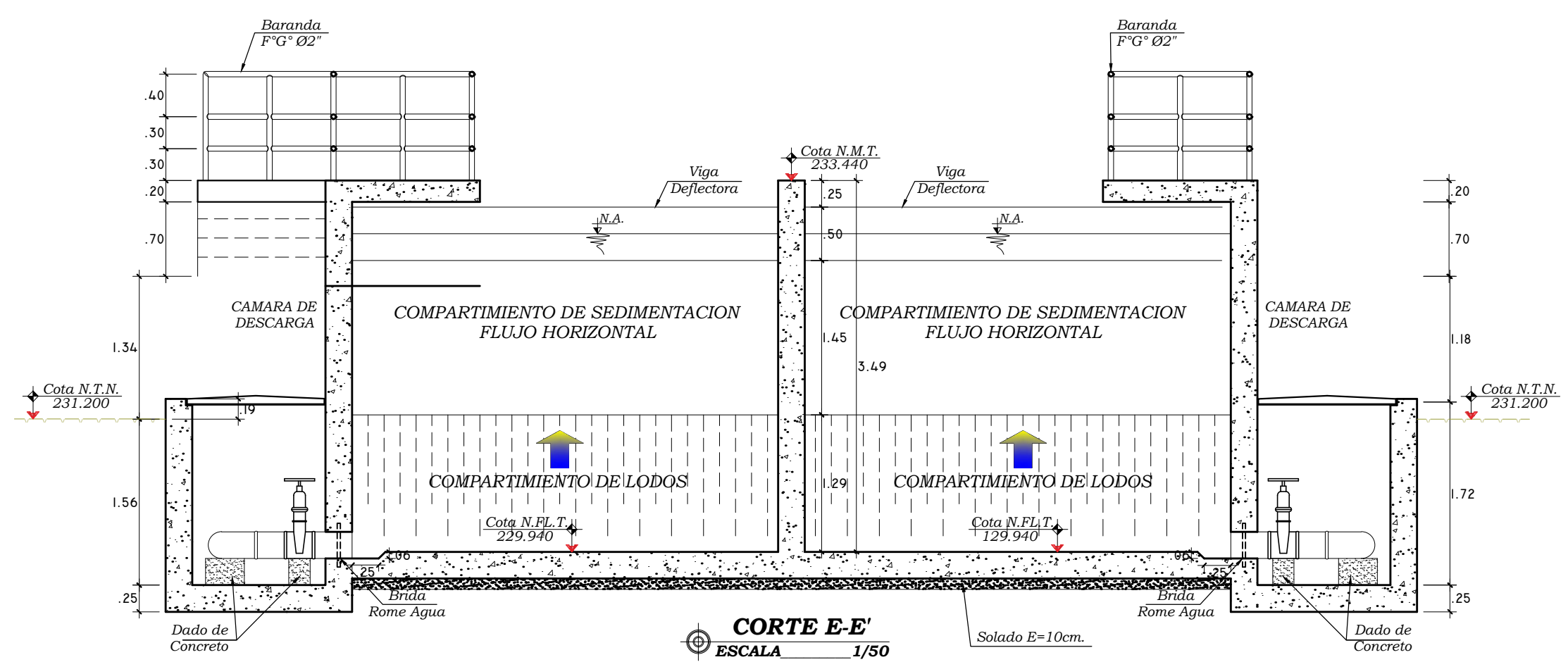
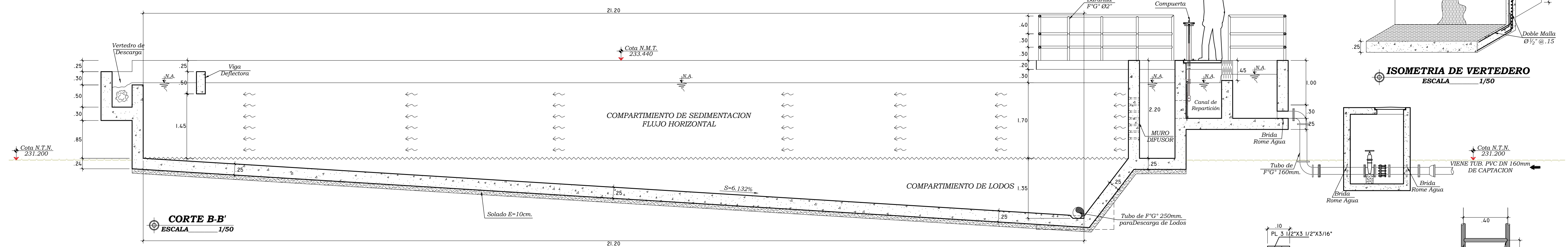
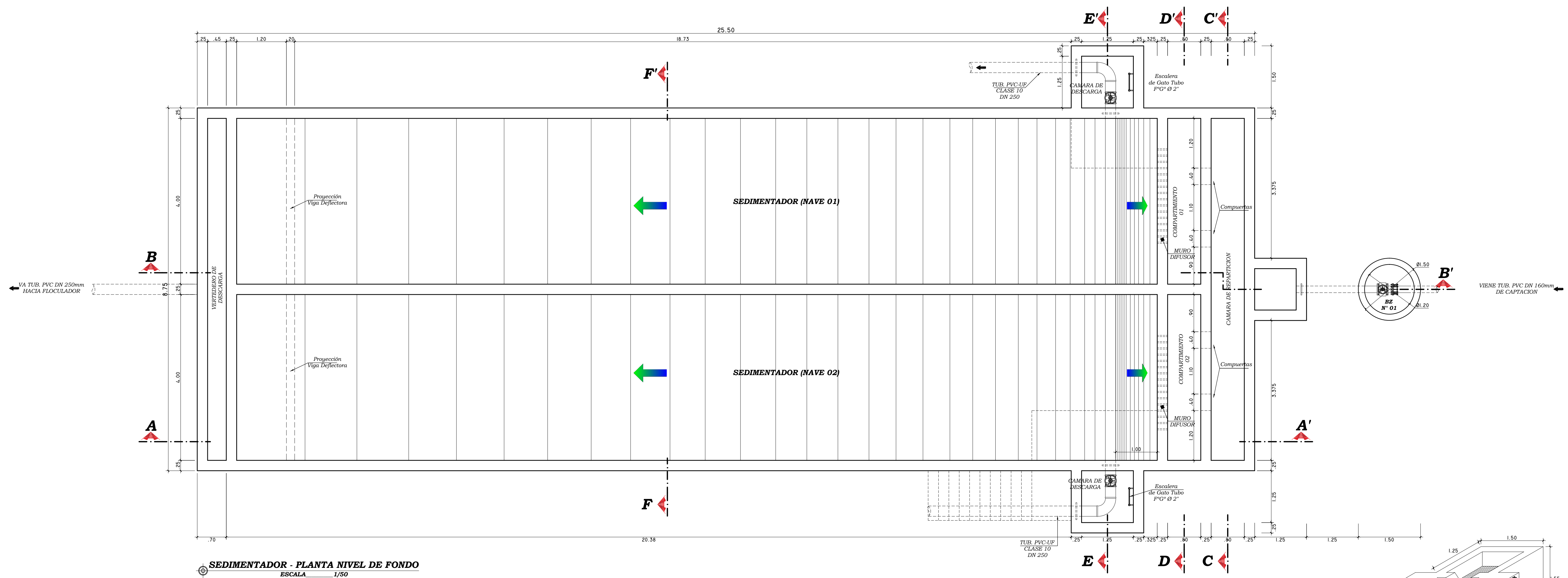


<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO</b> FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		 N° DE LAMINA: 07 DE 16 <b>CPM-PCH</b> <b>07</b>
PROYECTO DE TESIS: <b>DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - SAN HILARION - PICOTA - SAN MARTIN</b>		
PLANO: <b>CAPTACION - PONTON METALICO</b> <b>PLANTA, CORTES E INSTALACIONES HIDRAULICAS</b>		
UBICACION: <b>DISTRITO DE SAN HILARION- PROVINCIA DE PICOTA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN</b>		
TESISISTA: <b>BACH. VARGAS PAUCAR LUIS GUSTAVO</b>		FECHA: <b>DIC. 2016</b>



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO</b> FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO DE TESIS: <b>DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - SAN HILARION - PICOTA - SAN MARTIN</b>	
PLANO: <b>SEDIMENTADOR DE FLUJO HORIZONTAL PLANTA NIVEL SUPERIOR - CORTES Y DETALLES</b>	 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN</b> N° DE LAMINA: 08 DE 16 <b>SPH-PSCD</b> <b>08</b> FECHA: DIC. 2016
UBICACION: DISTRITO DE SAN HILARION. PROVINCIA DE PICOTA. DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN	
TECISTA: BACH. VARGAS PAUCAR LUIS GUSTAVO	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:  
DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO  
DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA -  
SAN HILARION - PICOTA - SAN MARTIN

PLANO:  
SEDIMENTADOR DE FLUJO HORIZONTAL  
PLANTA NIVEL INFERIOR - CORTES Y DETALLES

UBICACION:  
DISTRITO DE SAN HILARION. PROVINCIA DE PICOTA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

FECHA:  
BACH. VARGAS PAUCAR LUIS GUSTAVO



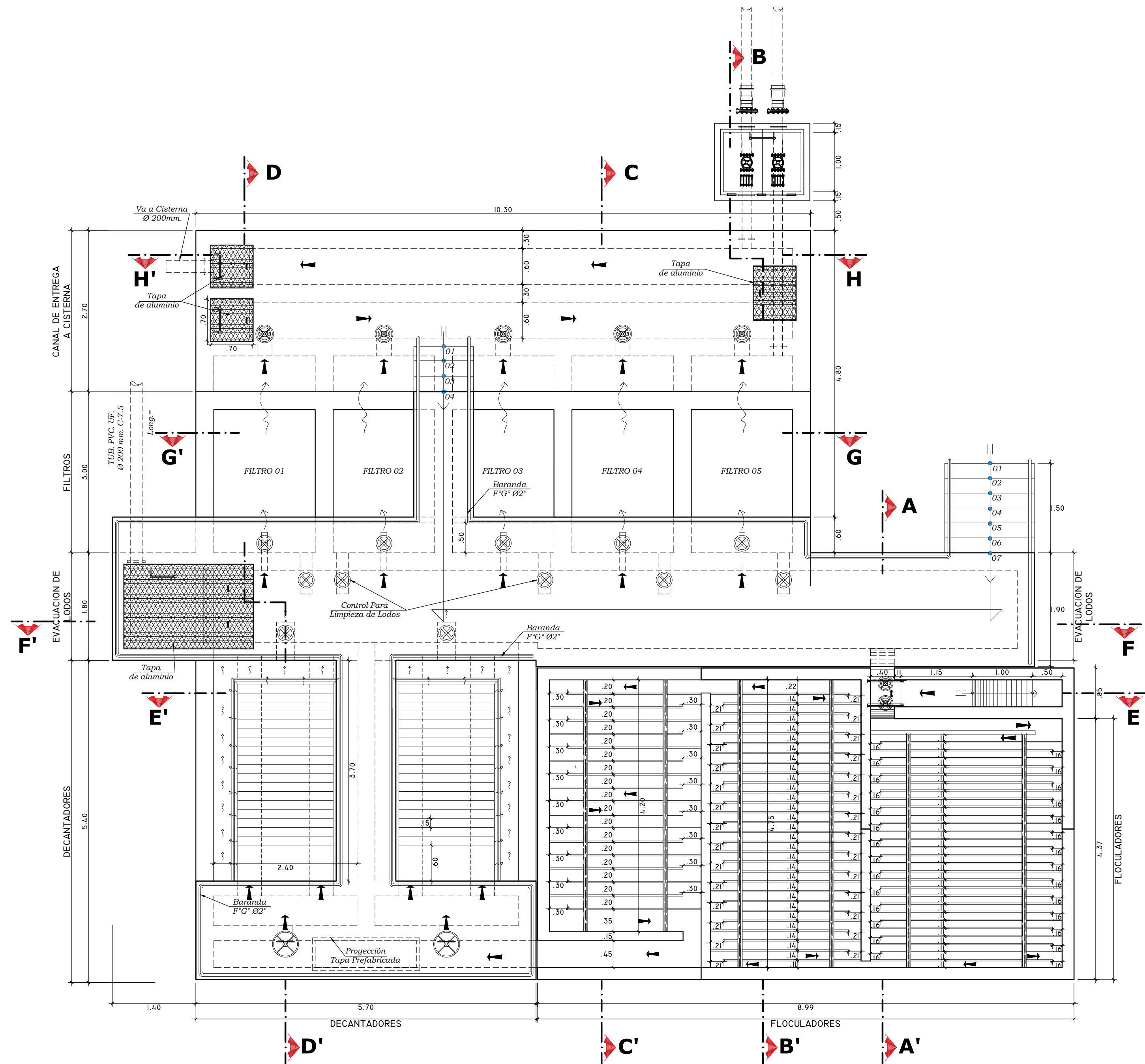
Nº DE LAMINA: 09 DE 16

SFH-PICD

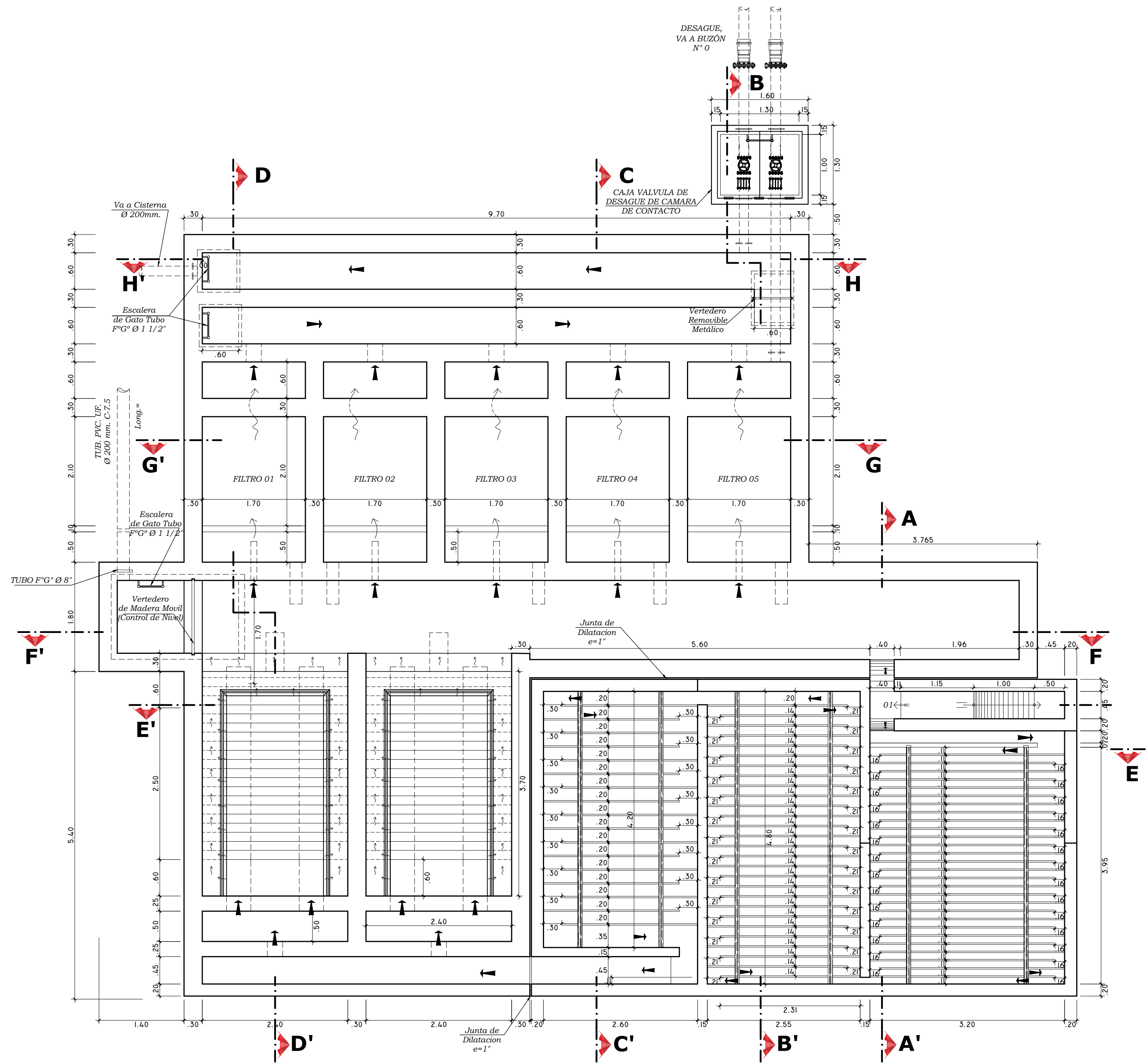
09

FECHA:  
DIC. 2016

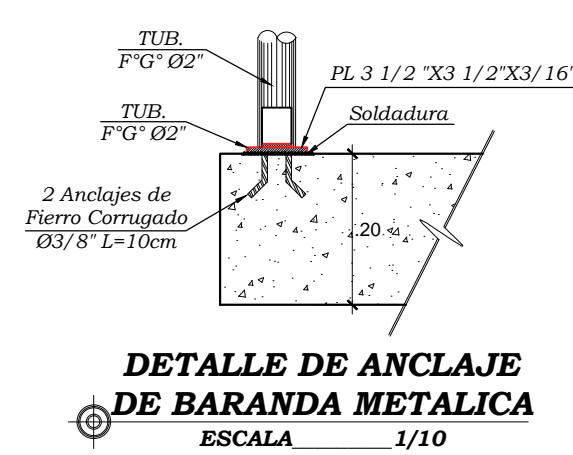




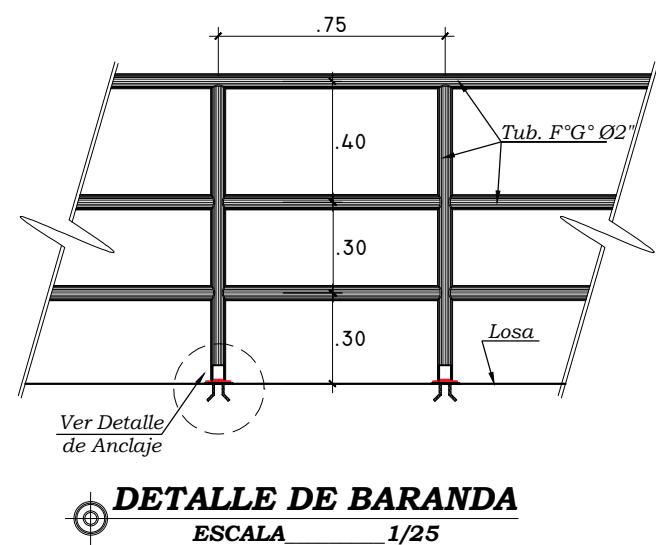
**PLANTA GENERAL - FLOCULADOR, DECANTADOR Y FILTROS**  
ESCALA 1/50



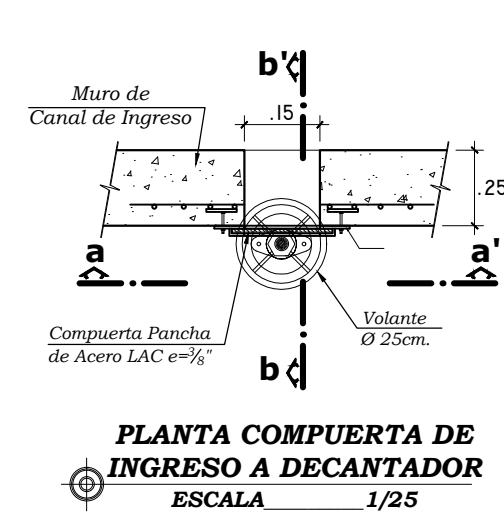
**PLANTA DISTRIBUCION A NIVEL SUPERIOR**  
ESCALA 1/50



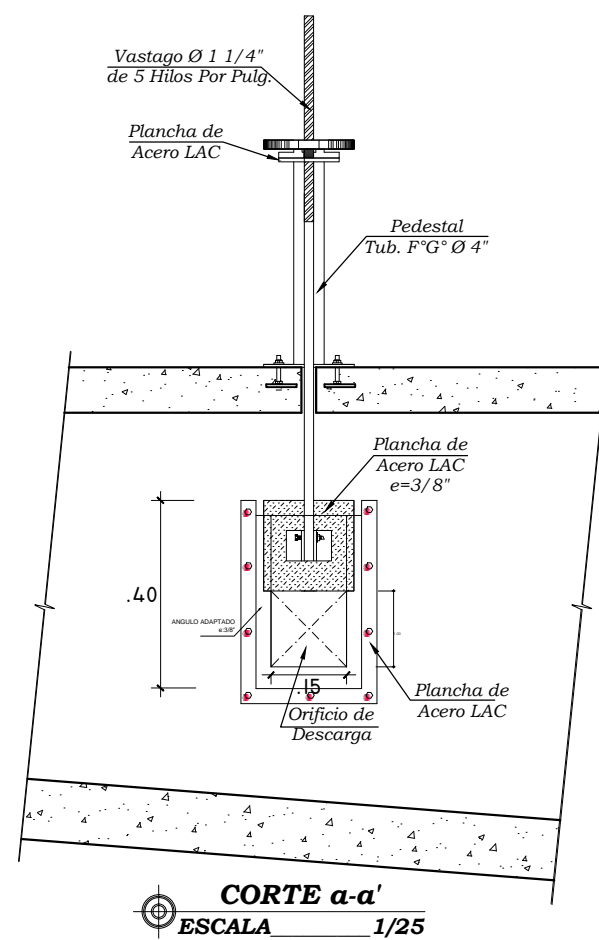
**DETALLE DE ANCLAJE DE BARANDA METALICA**  
ESCALA 1/10



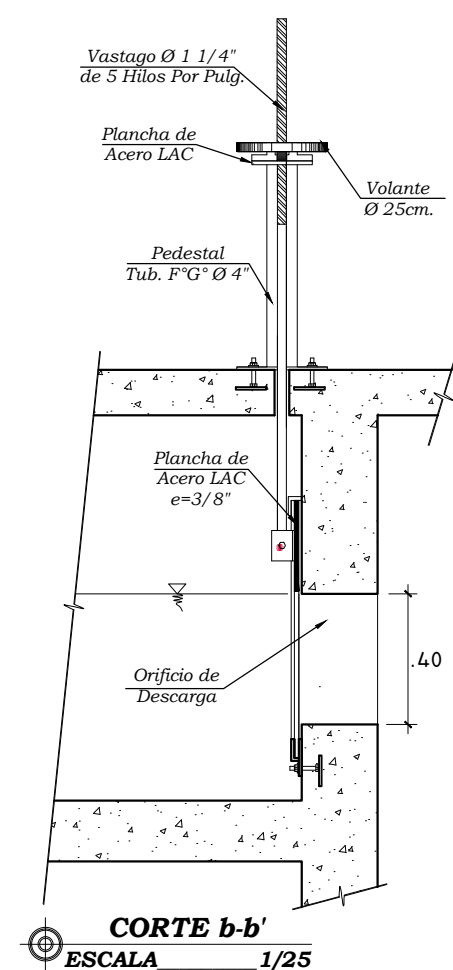
**DETALLE DE BARANDA**  
ESCALA 1/25



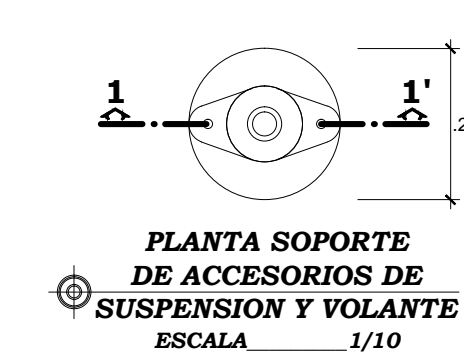
**PLANTA COMPUERTA DE INGRESO A DECANTADOR**  
ESCALA 1/25



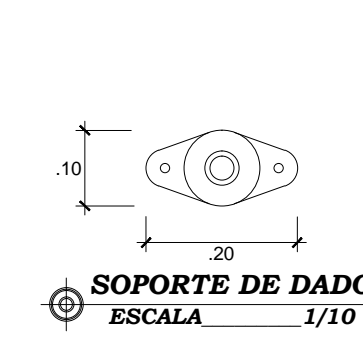
**CORTE a-a'**  
ESCALA 1/25



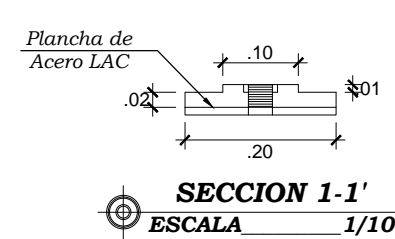
**CORTE b-b'**  
ESCALA 1/25



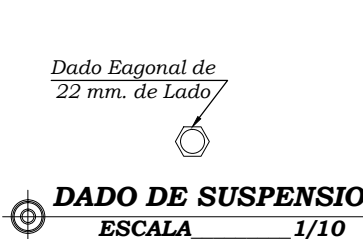
**PLANTA SOPORTE DE ACCESORIOS DE SUSENSION Y VOLANTE**  
ESCALA 1/10



**SOPORTE DE DADO**  
ESCALA 1/10



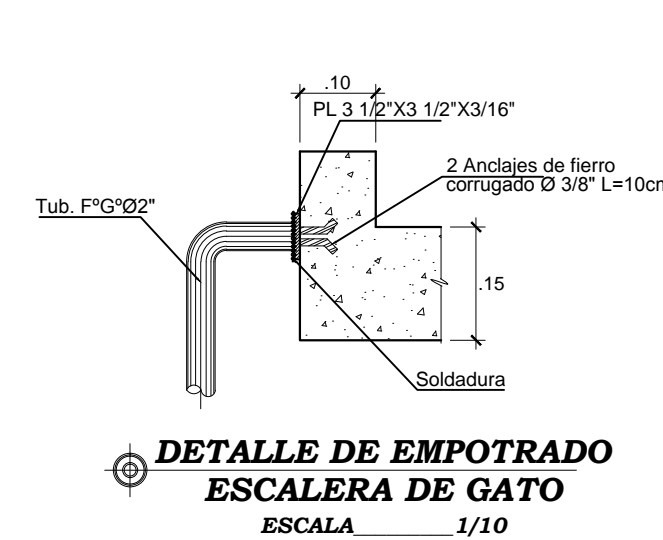
**SECCION 1-1'**  
ESCALA 1/10



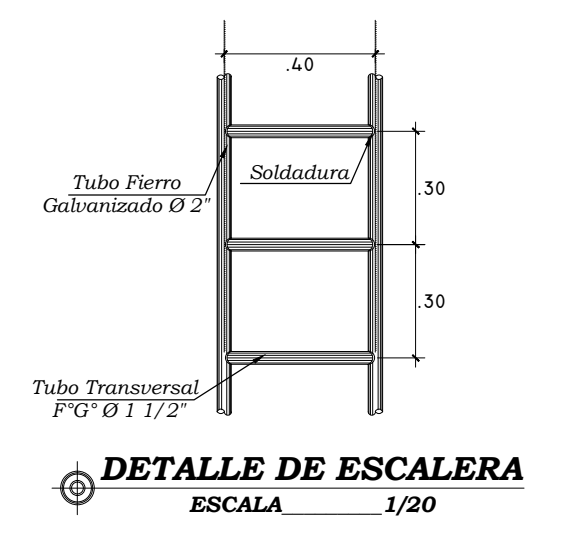
**DADO DE SUSENSION**  
ESCALA 1/10

#### ESPECIFICACIONES TECNICAS

- 1.- COMPUERTA PLANCHA DE ACERO LAC E=3/8"
- 2.- EL VASTAGO SERA DE Ø 1 1/4", DE 5 HILOS POR PULGADA TIPO WITHWORD.
- 3.- LA SOLDADURA A USAR SERA DEL TIPO PUNTO AZUL AWS 60II.



**DETALLE DE EMPOTRADO ESCALERA DE GATO**  
ESCALA 1/10



**DETALLE DE ESCALERA**  
ESCALA 1/20

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:  
**DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - SAN HILARION - PICOTA - SAN MARTIN**

PLANO:  
**FLOCULADOR, DECANTADOR Y FILTROS - PLANTA NIVEL SUPERIOR Y CORTES**

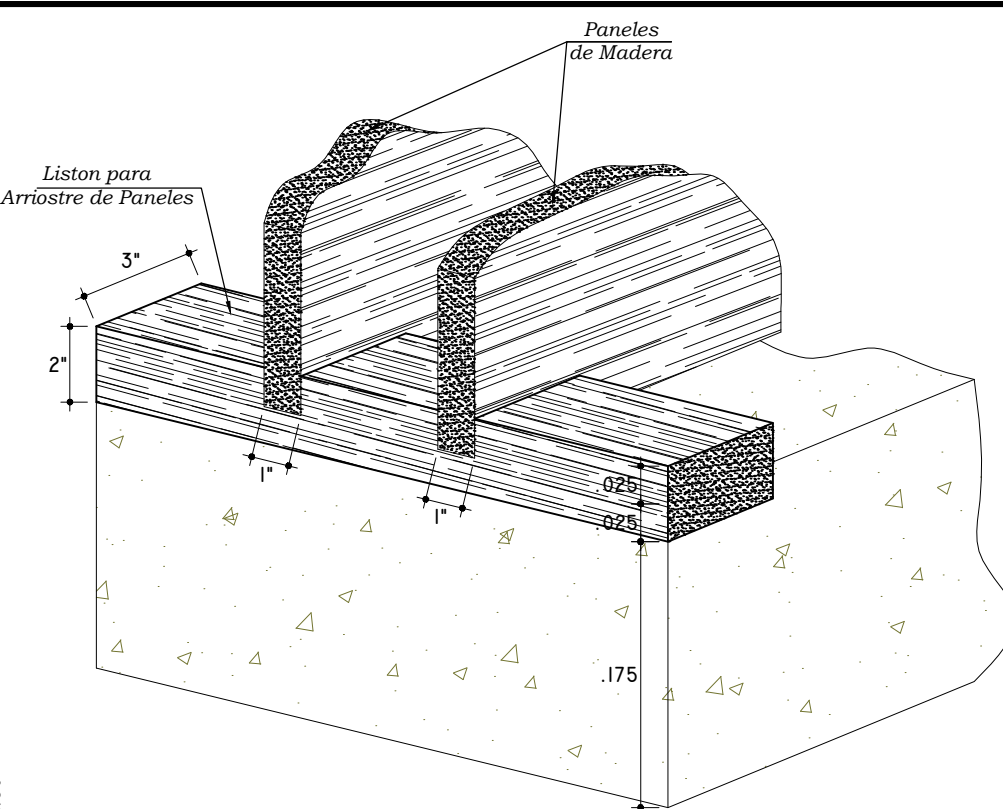
UBICACION:  
DISTRITO DE SAN HILARION. PROVINCIA DE PICOTA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

FECHA:  
BACH. VARGAS PAUCAR LUIS GUSTAVO

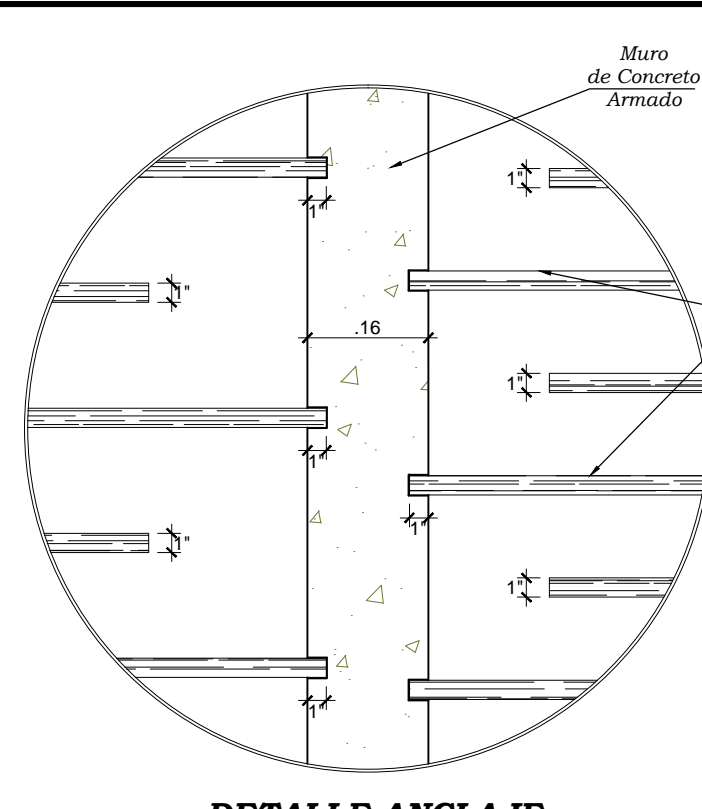




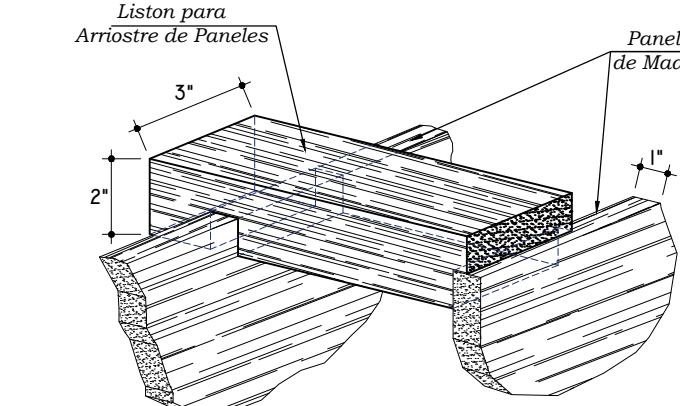
TABLA DE DESCRIPCION DEL FLOCULADOR				
DESCRIPCION	Unidad	Comp. N° 01	Comp. N° 02	Comp. N° 03
Velocidad	m/s	0.23	0.185	0.125
Tiempo	min.	7	7	7
Espaciamento de Panel a Panel	cm.	11.00	14.00	20.00
Pérdida de Carga	cm.	20.70	12.30	4.50
Gradientes	Sep. - 1	74.60	54.76	33.89
Espaciamento entre la Punta del Panel y la Pared	cm.	16.00	21.00	30.00
Número de Paneles	Und.	30	30	19



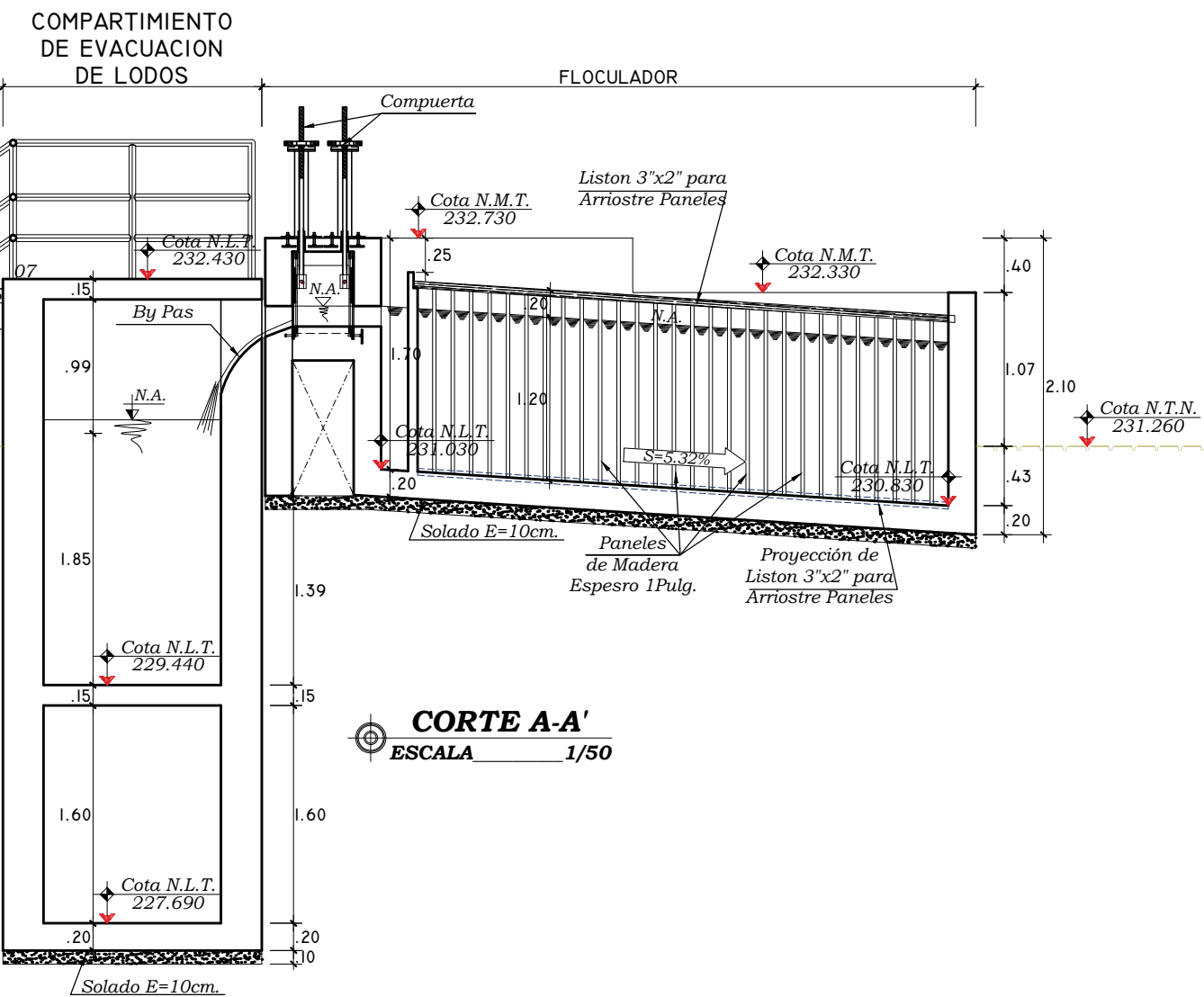
DETALLE ISOMETRICO DE  
ARRIOSTE INFERIOR DE PANELES  
ESCALA 1/5



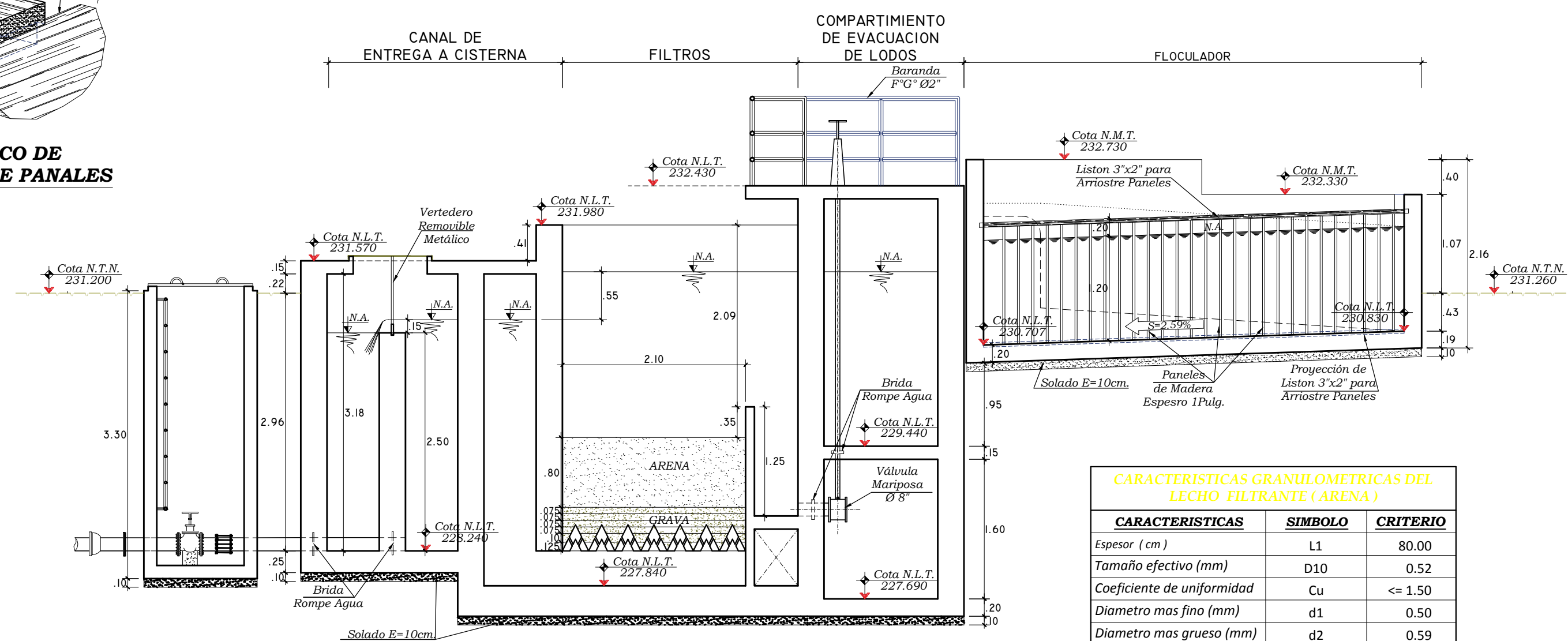
DETALLE ANCLAJE  
DE PANELES A MURO  
ESCALA 1/10



DETALLE ISOMETRICO DE  
ARRIOSTE SUPERIOR DE PANELES  
ESCALA 1/5



CORTE A-A'  
ESCALA 1/50



CORTE B-B'  
ESCALA 1/50

CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DEL  
LECHO FILTRANTE (ARENA)

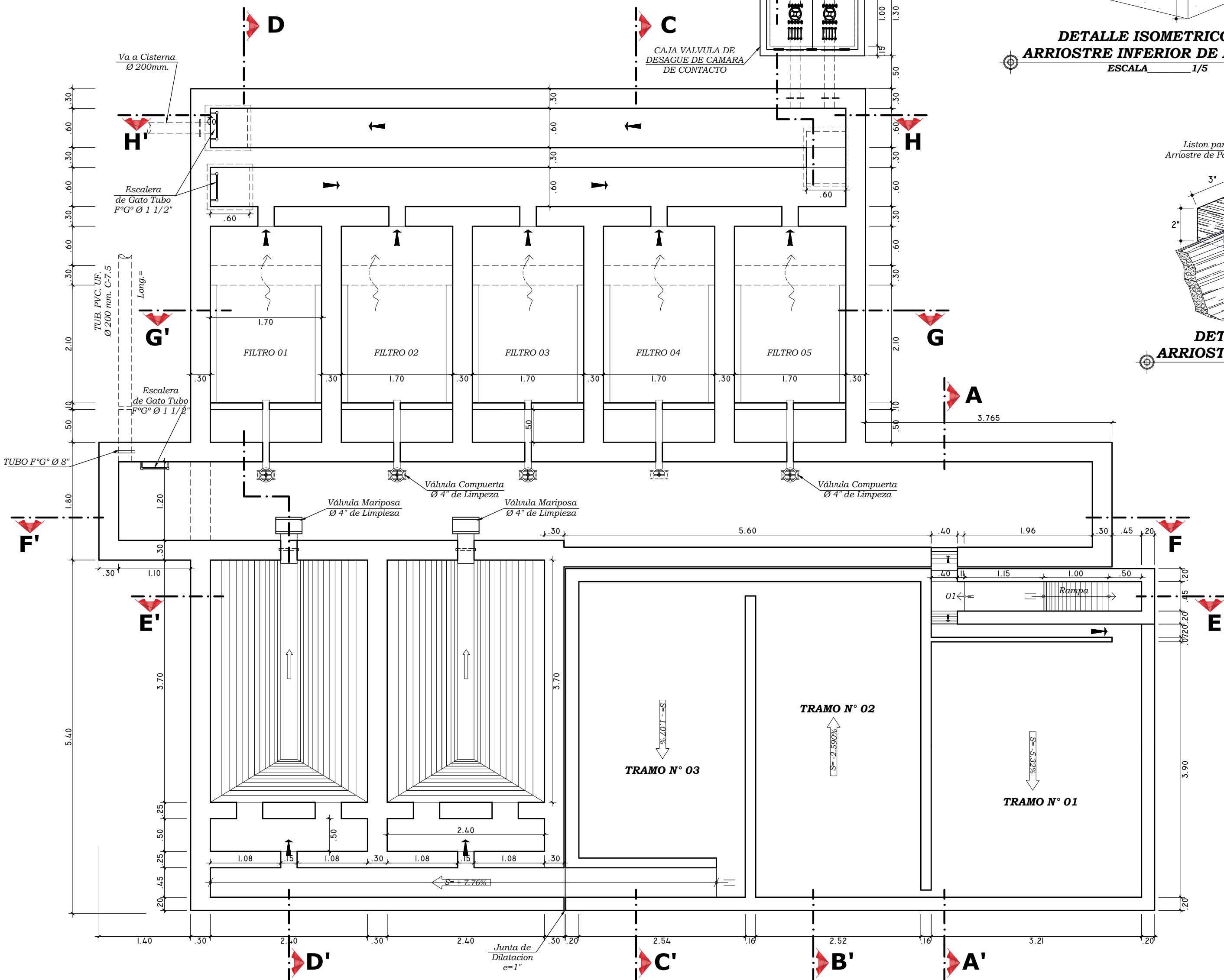
CARACTERÍSTICAS	SÍMBOLO	CRITERIO
Espesor (cm)	L1	80.00
Tamaño efectivo (mm)	D10	0.52
Coefficiente de uniformidad	Cu	<= 1.50
Diámetro mas fino (mm)	d1	0.50
Diámetro mas grueso (mm)	d2	0.59
Densidad (g/cm 3)	ps	2.65
Esféricidad	Ce	0.80

CARACTERÍSTICAS DE LA CAPA SOPORTE DE  
GRAVA PARA VIGUETAS PREFABRICADAS

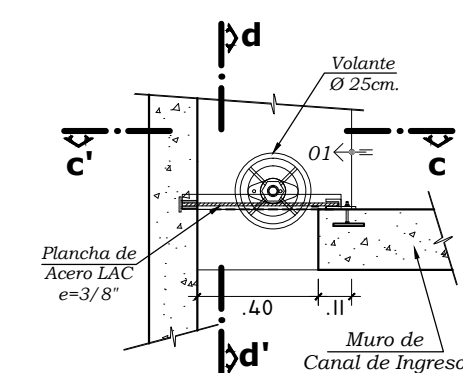
N° CAPA	ESPESOR (cm)	TAMAÑO
N° 01	7.50	1/8" - 1/4"
N° 02	7.50	1/4" - 1/2"
N° 03	7.50	1/2" - 3/4"
N° 04	10.00	3/4" - 1 1/2"
FONDO	12.50	1 1/2" - 2"
TOTAL=	45.00	

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

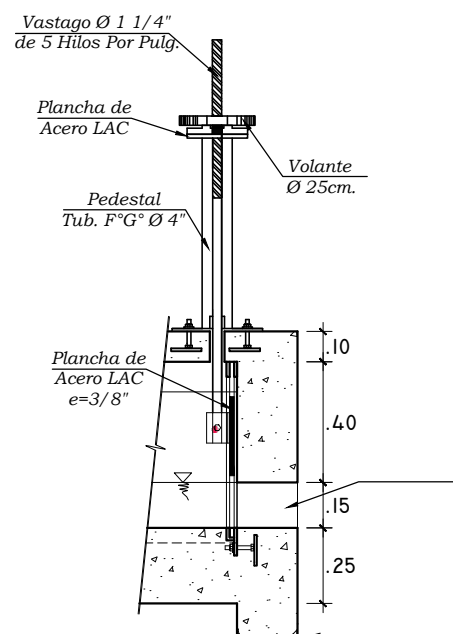
- 1.- COMPUERTA PLANCHA DE ACERO LAC E=3/8"
- 2.- EL VASTAGO SERA DE Ø 1 1/4", DE 5 HILOS POR PULGADA TIPO WITHWOLD
- 3.- LA SOLDADURA A USAR SERA DEL TIPO PUNTO AZUL AWS 60II.



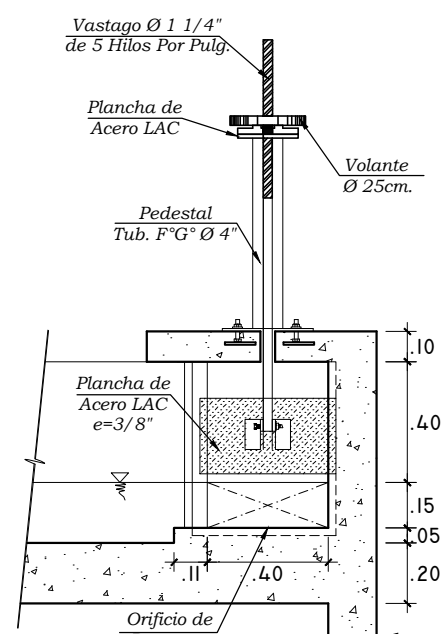
PLANTA DISTRIBUCION A NIVEL DE FONDO  
ESCALA 1/50



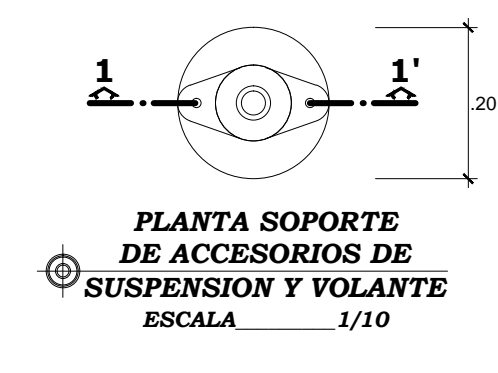
PLANTA COMPUERTA DE INGRESO  
A FLOCULADOR Y BY PASS  
ESCALA 1/25



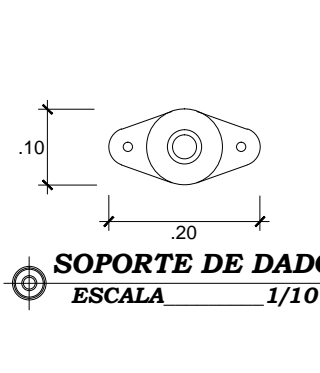
CORTE d-d'  
ESCALA 1/25



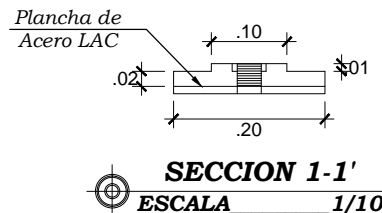
CORTE c-c'  
ESCALA 1/25



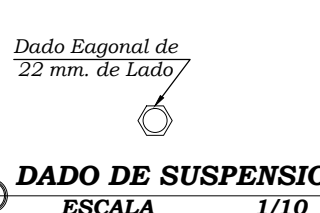
PLANTA SOPORTE DE ACCESORIOS DE  
SUSPENSION Y VOLANTE  
ESCALA 1/10



SOPORTE DE DADO  
ESCALA 1/10



SECCION 1-1'  
ESCALA 1/10



DADO DE SUSPENSION  
ESCALA 1/10

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:  
DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO  
DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA -  
SAN HILARION - PICOTA - SAN MARTIN

PLANO:  
FLOCULADOR, DECANTADOR Y FILTROS -  
PLANTA NIVEL INFERIOR Y CORTES

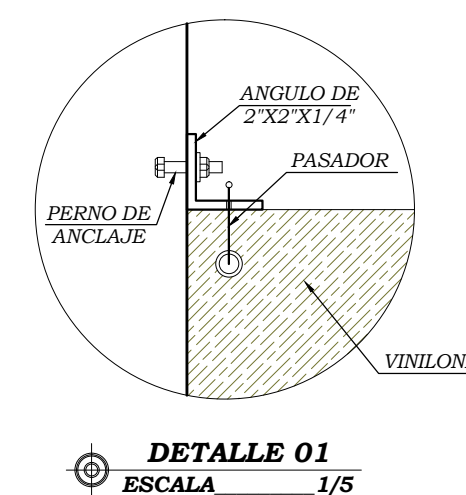
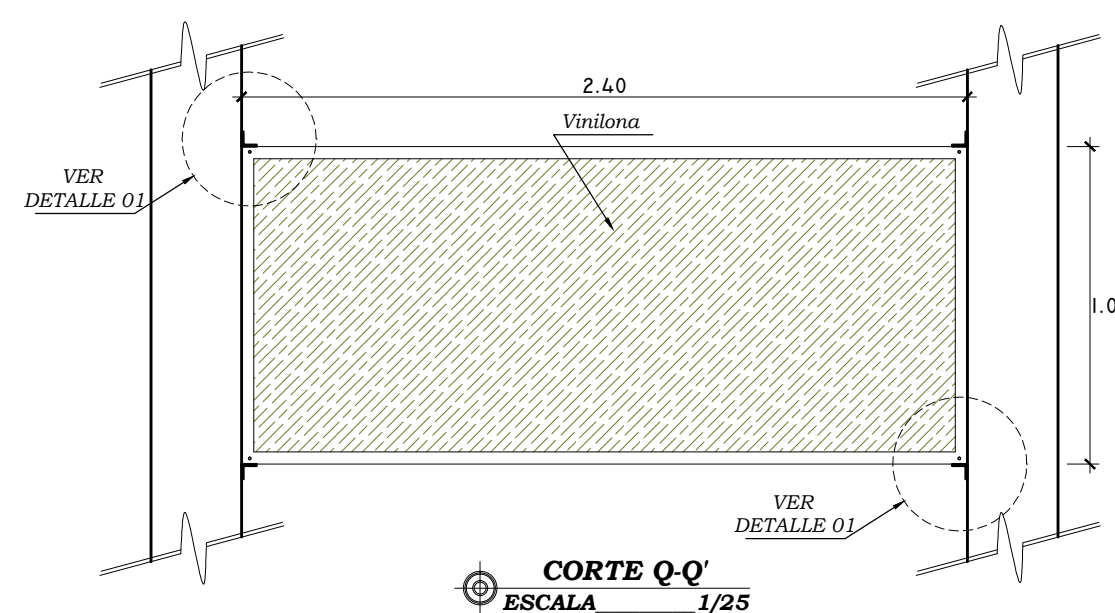
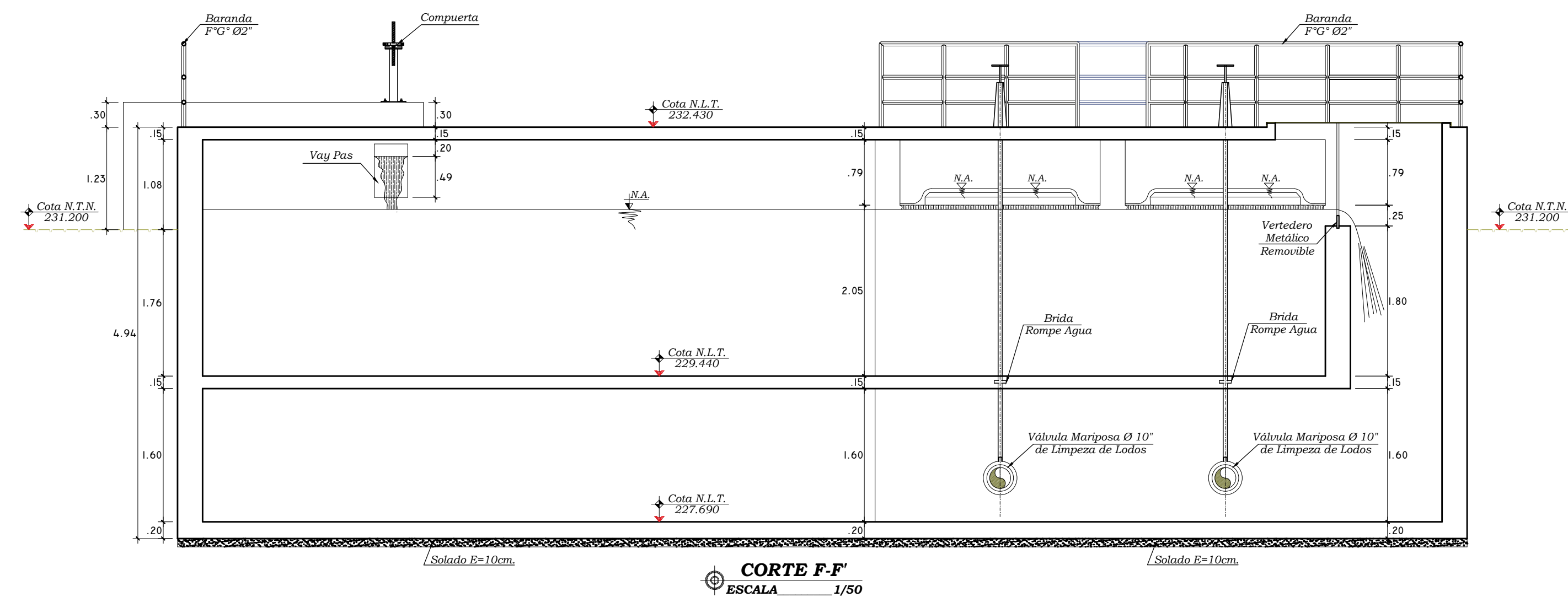
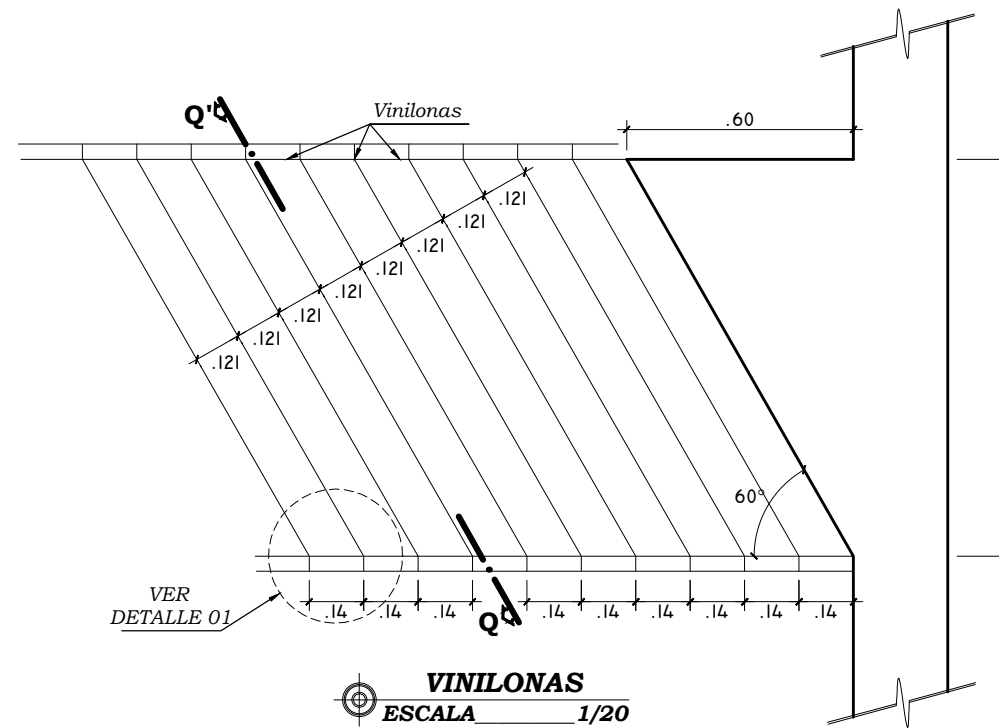
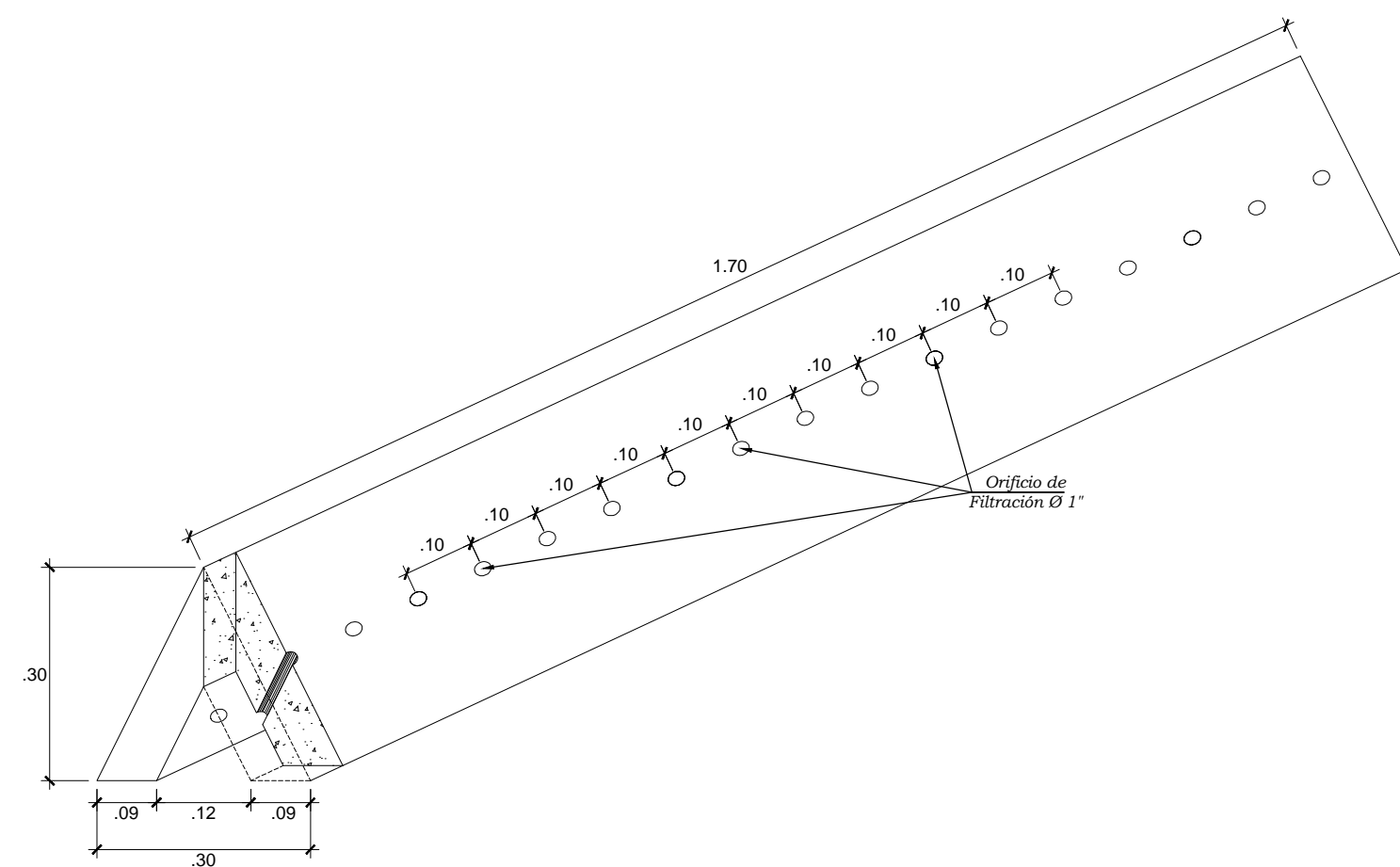
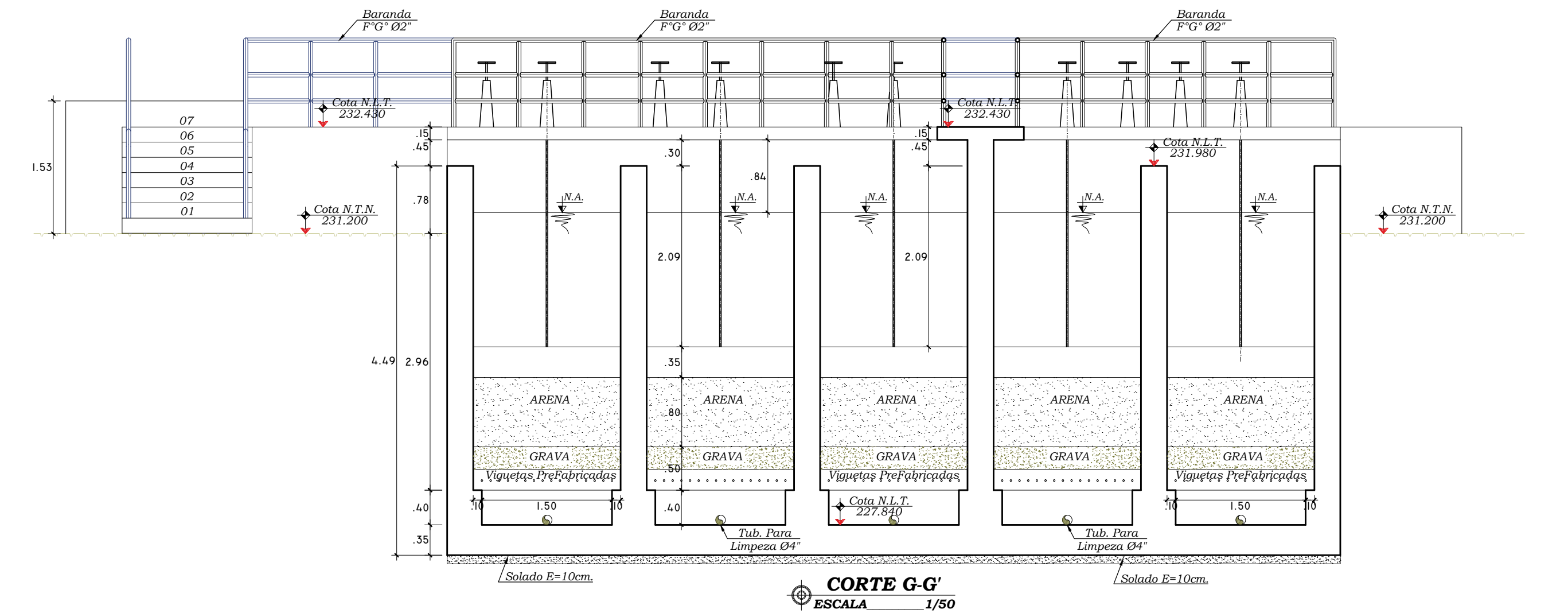
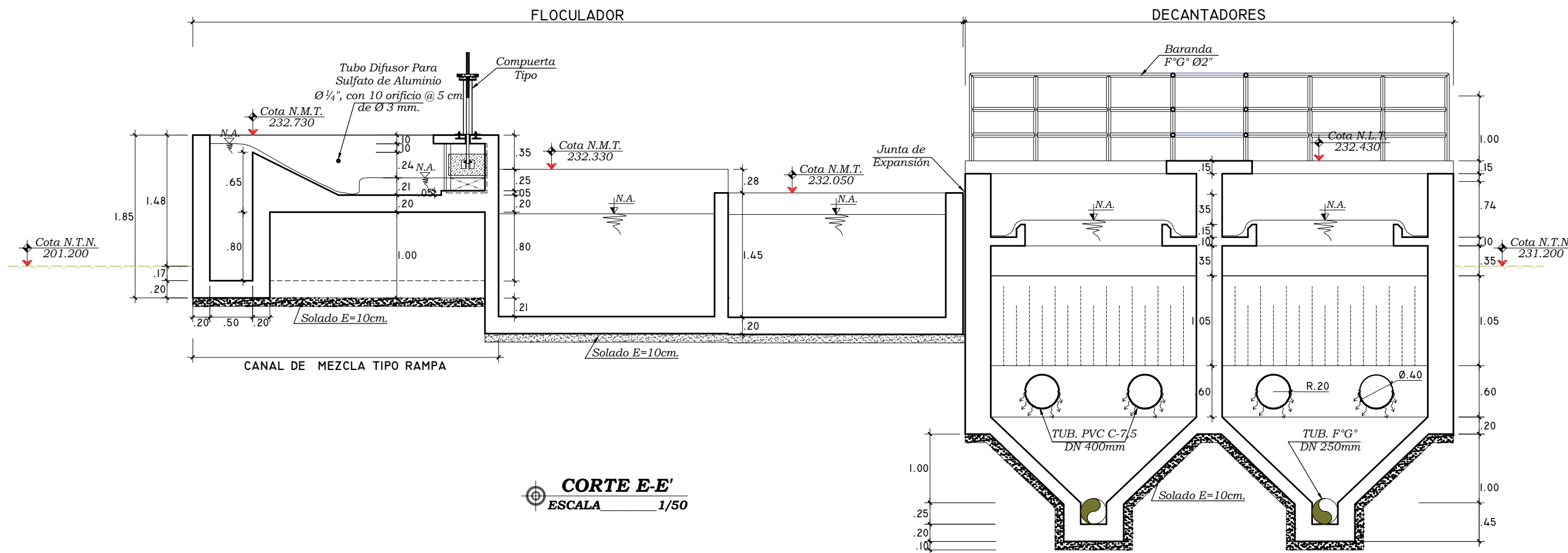
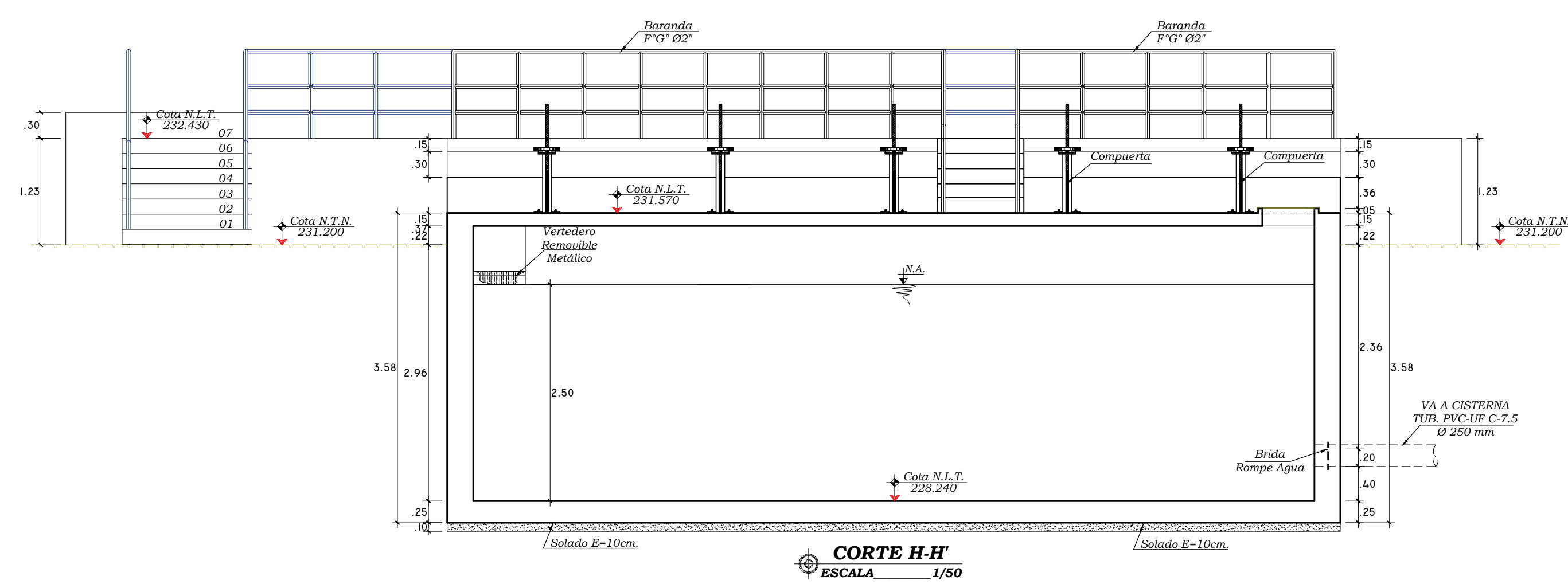
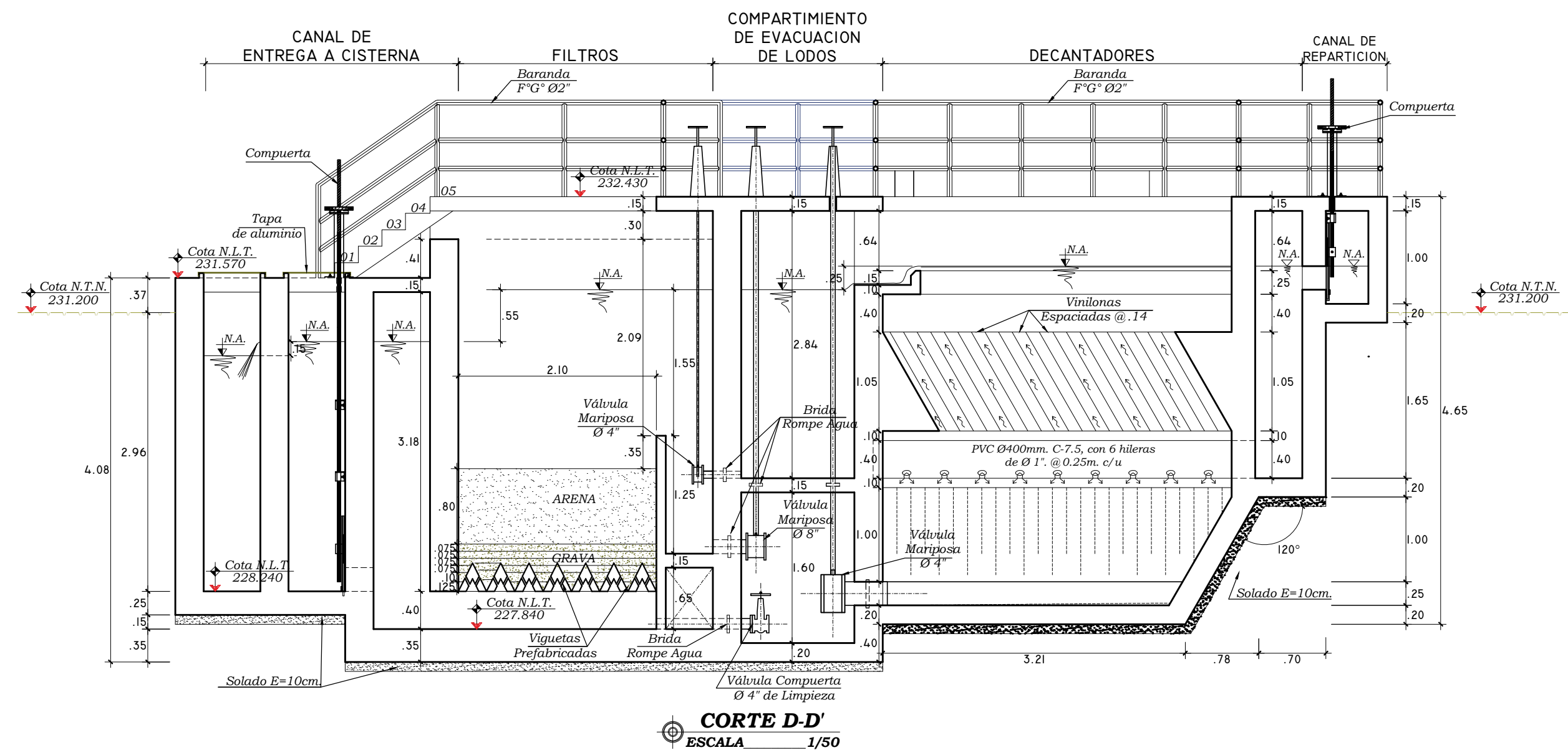
UBICACION:  
DISTRITO DE SAN HILARION - PROVINCIA DE PICOTA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

TESISTA:  
BACH. VARGAS PAUCAR LUIS GUSTAVO



FECHA:  
DIC. 2016





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:  
**DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - SAN HILARION - PICOTA - SAN MARTIN**

PLANO:  
**FLOCULADOR HORIZONTAL, DECANTADOR DE PLACAS Y FILTROS RAPIDOS - CORTES Y DETALLES**

UBICACION:  
**DISTRITO DE SAN HILARION. PROVINCIA DE PICOTA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN**

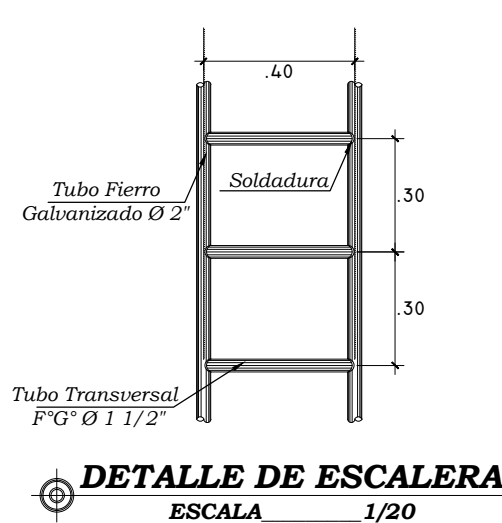
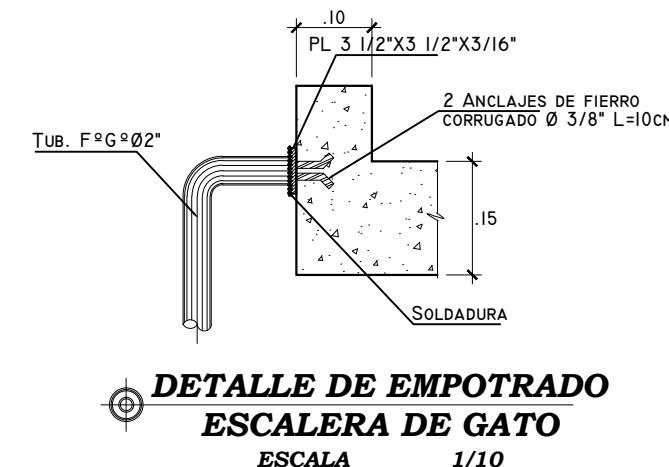
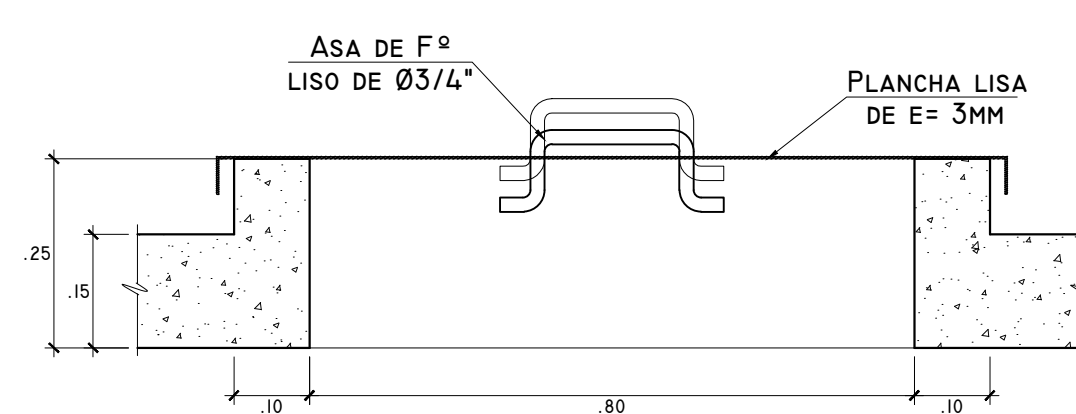
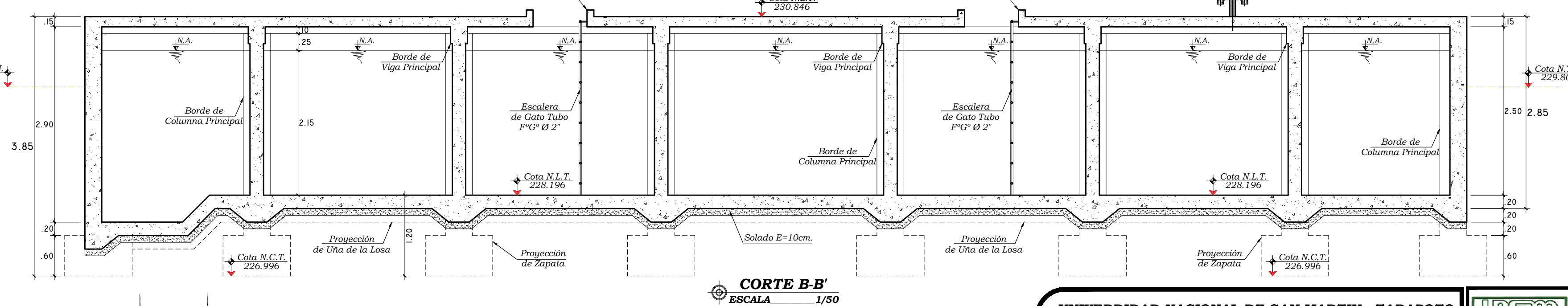
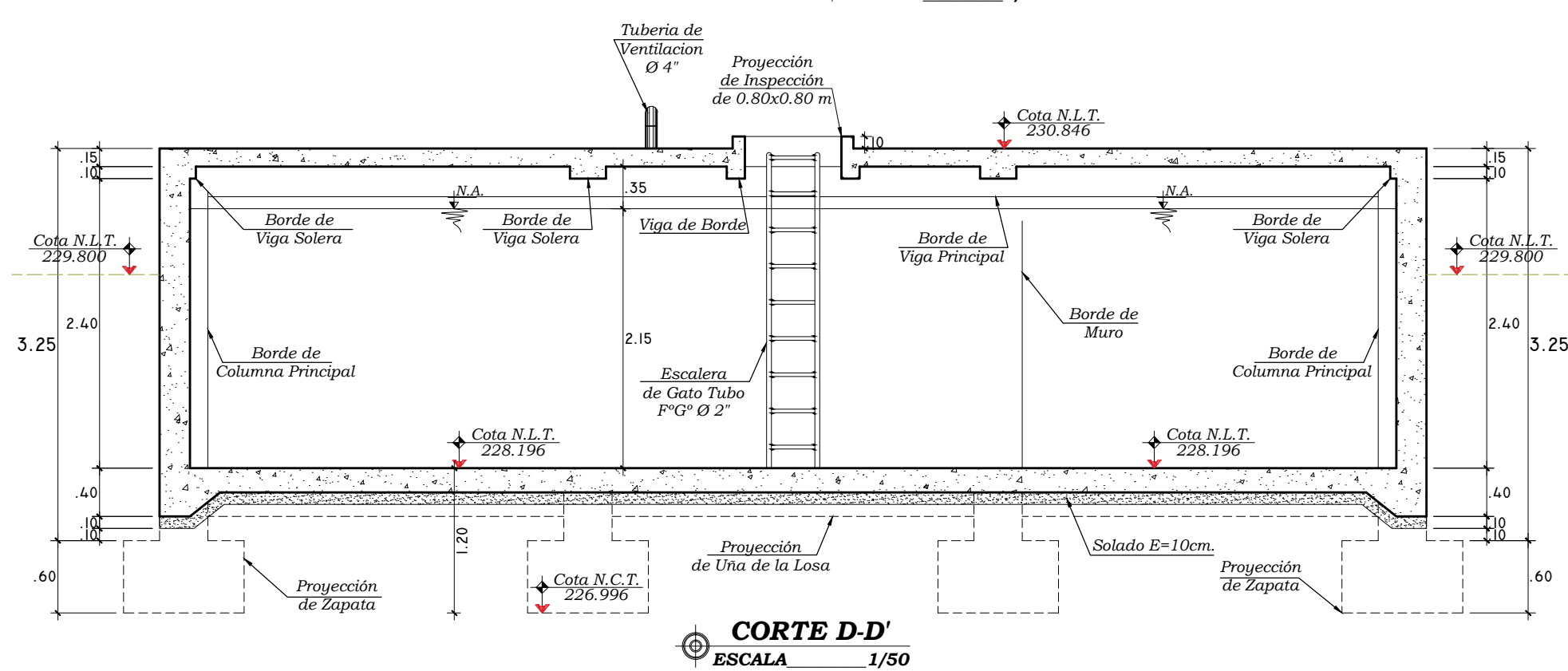
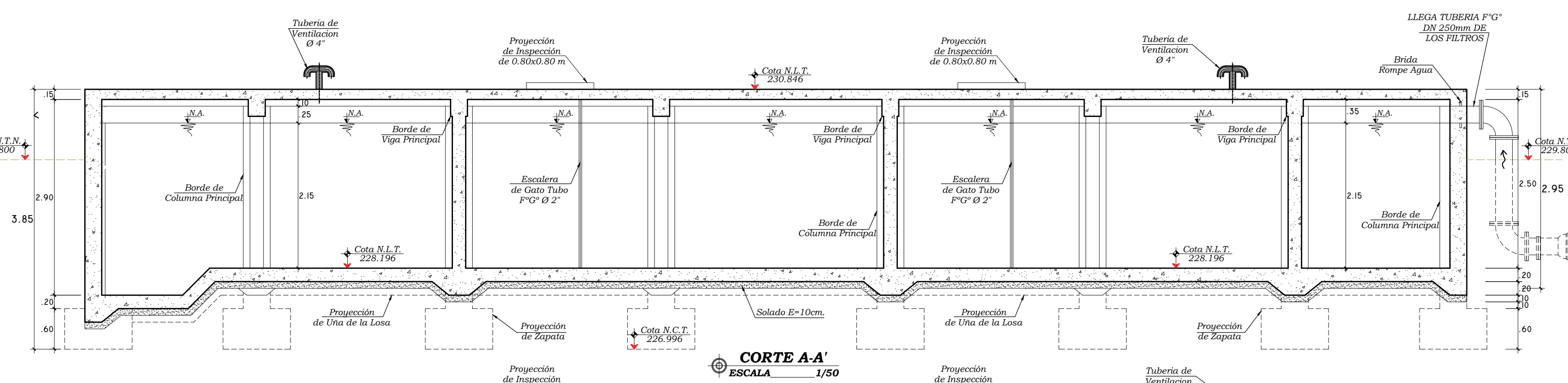
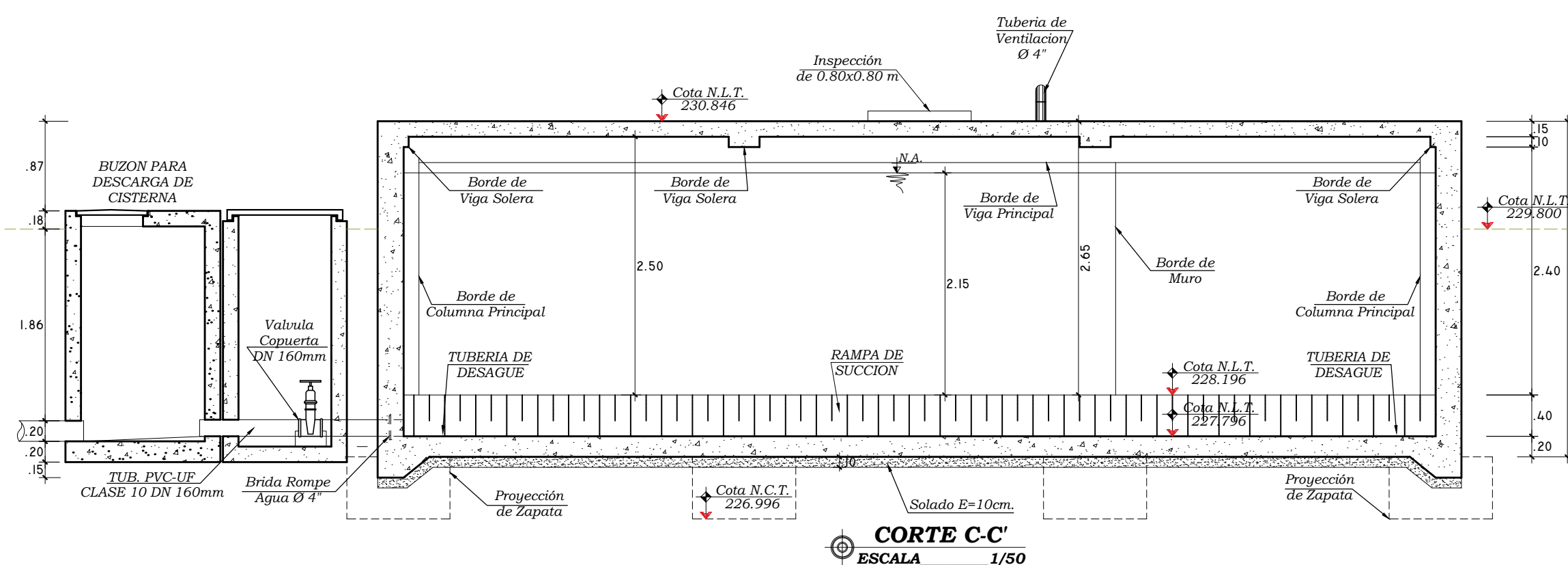
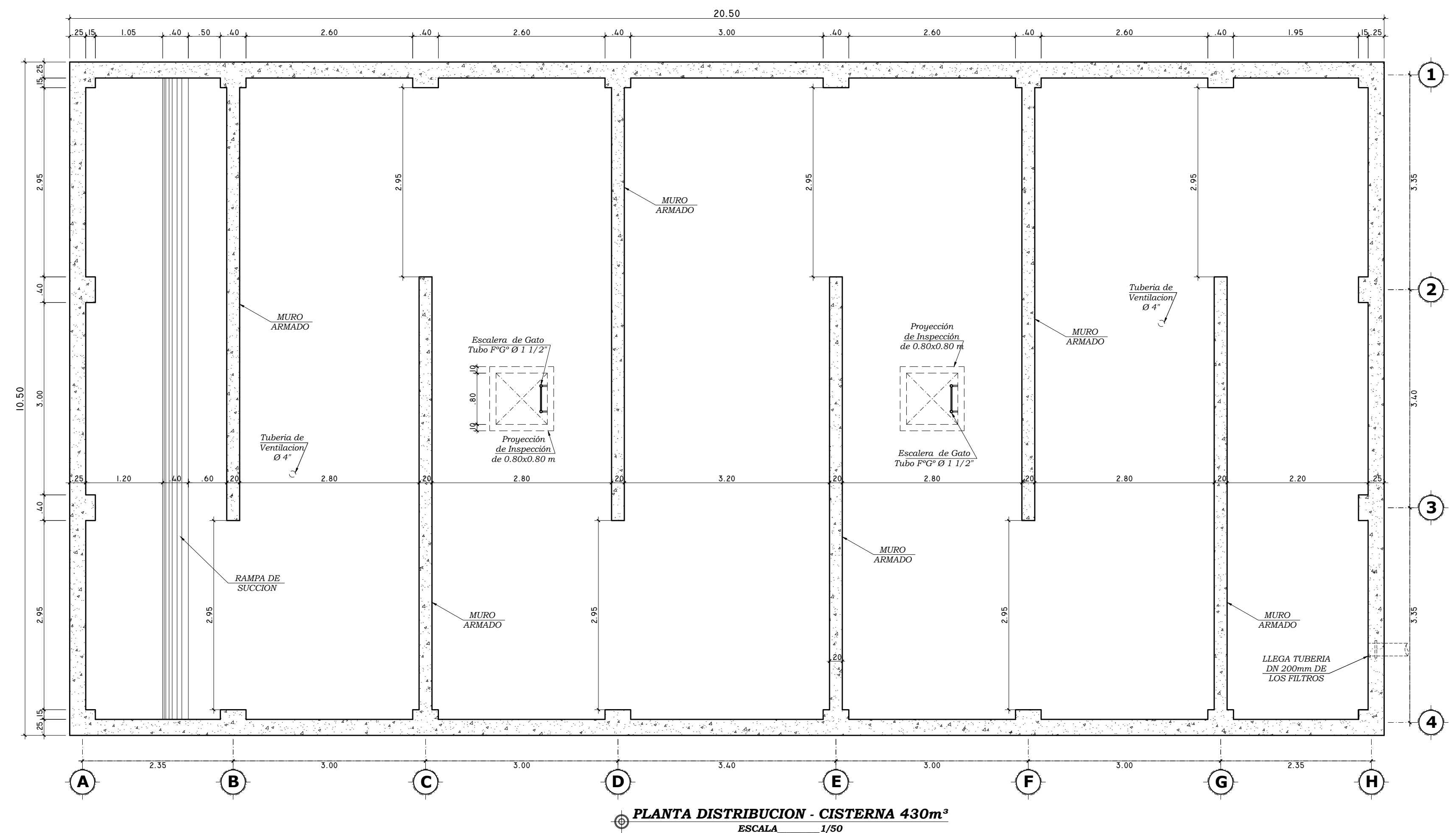
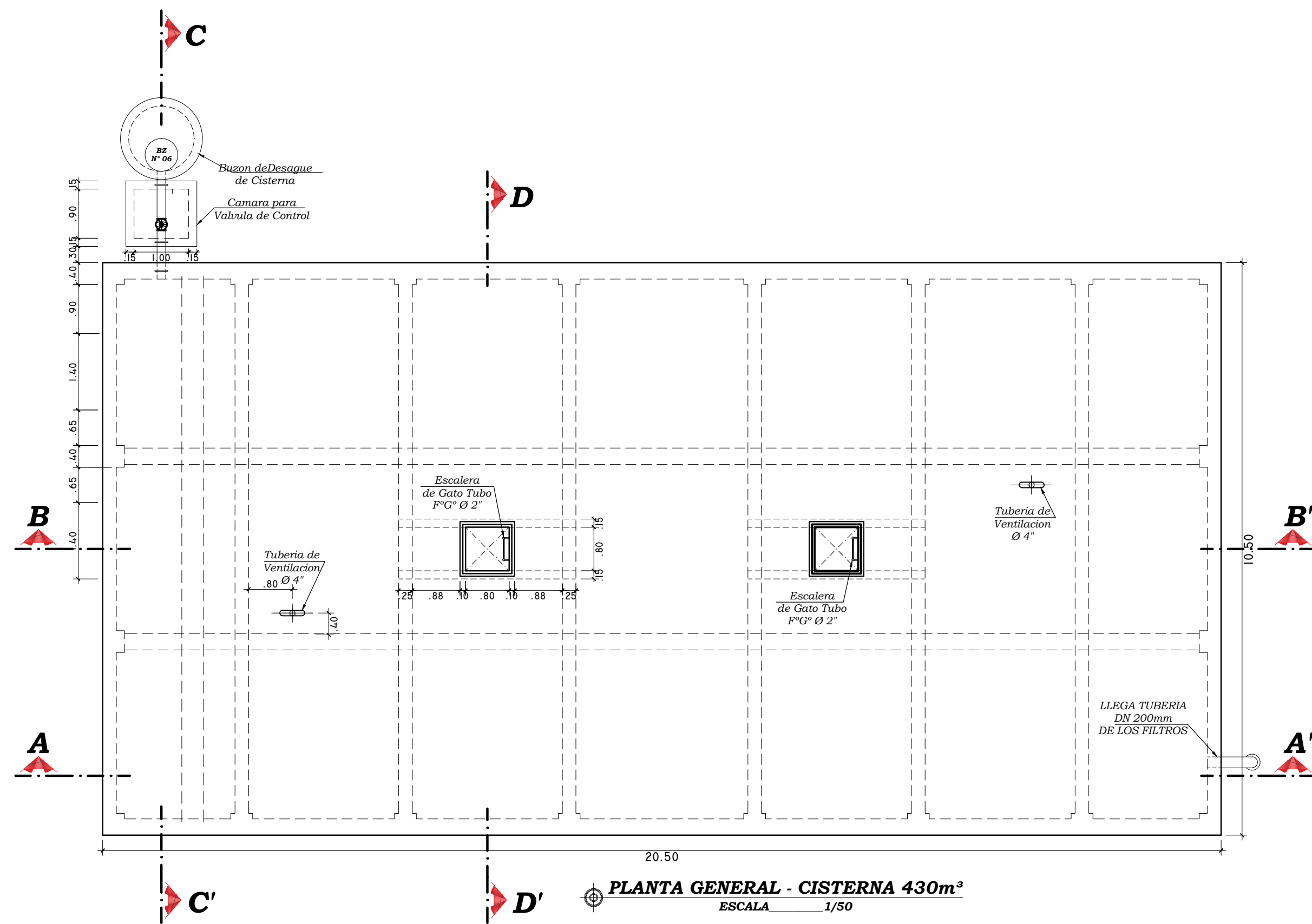
TESISTA:  
**BACH. VARGAS PAUCAR LUIS GUSTAVO**



Nº DE LAMINA: 12 DE 16  
**PDF-CD 12**

FECHA:  
**DIC. 2016**





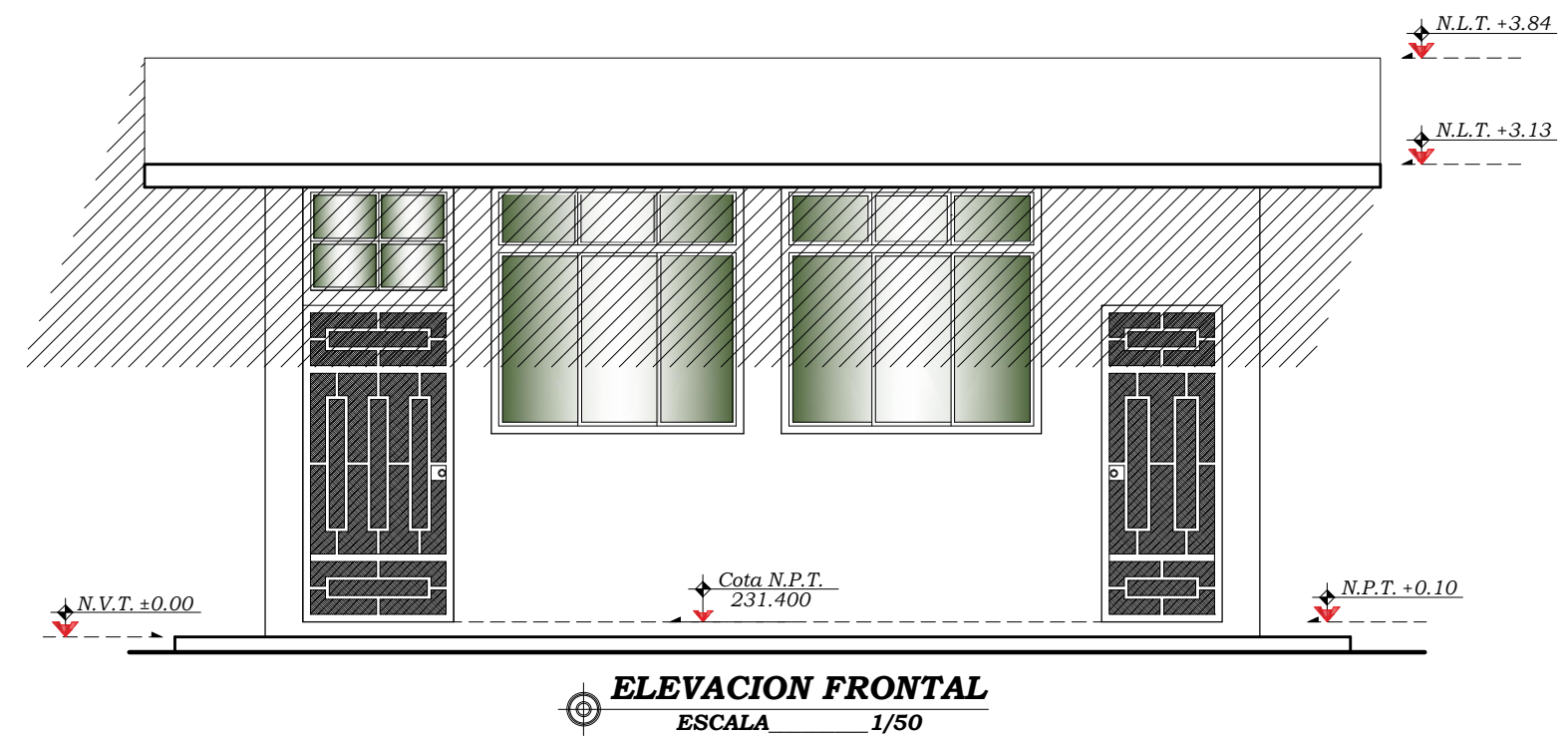
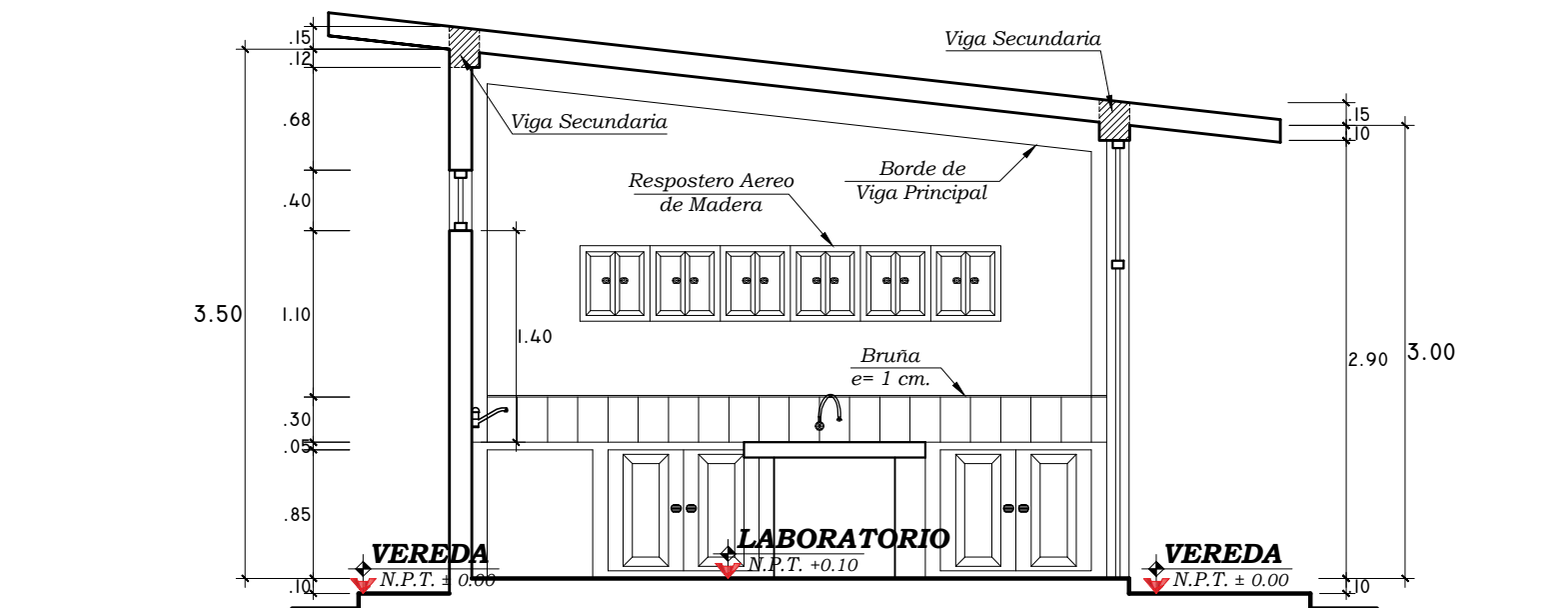
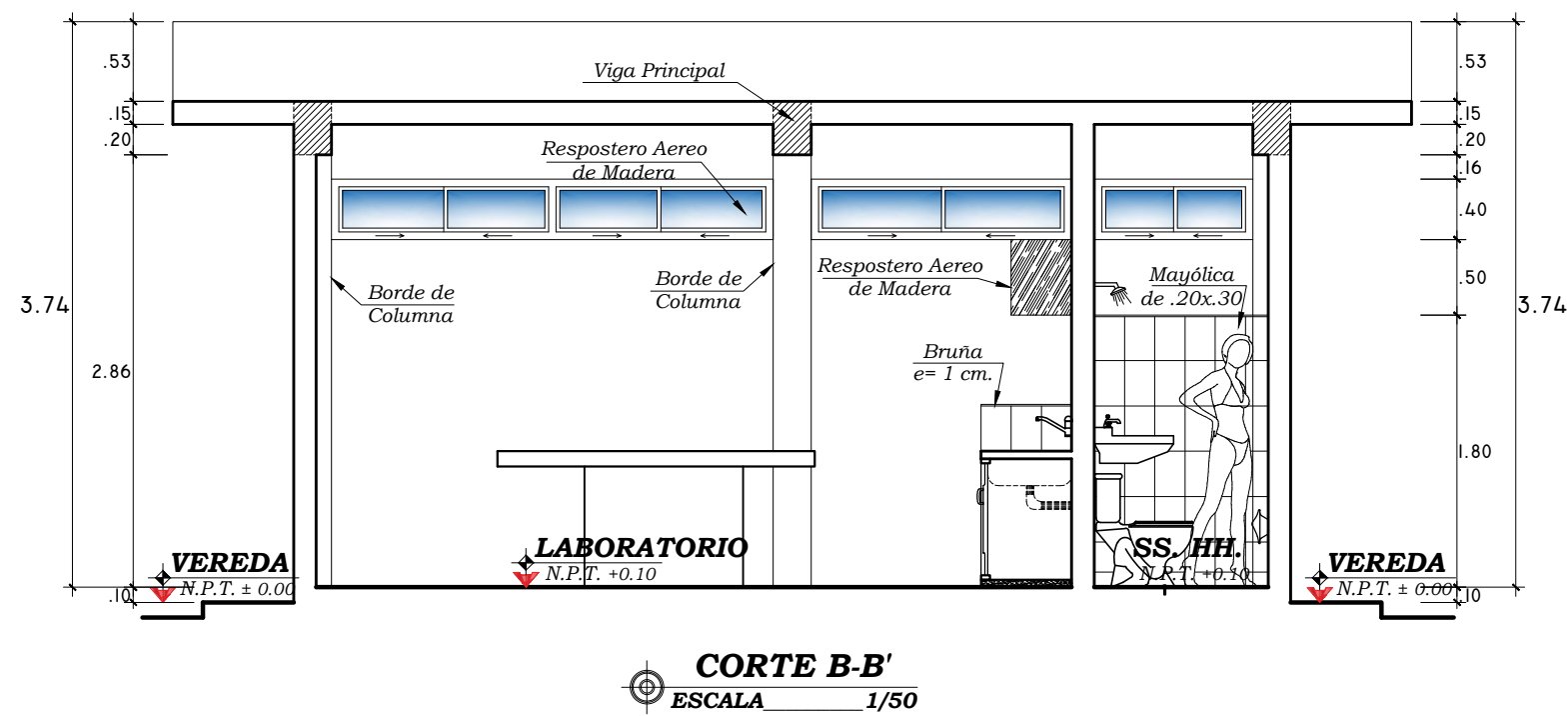
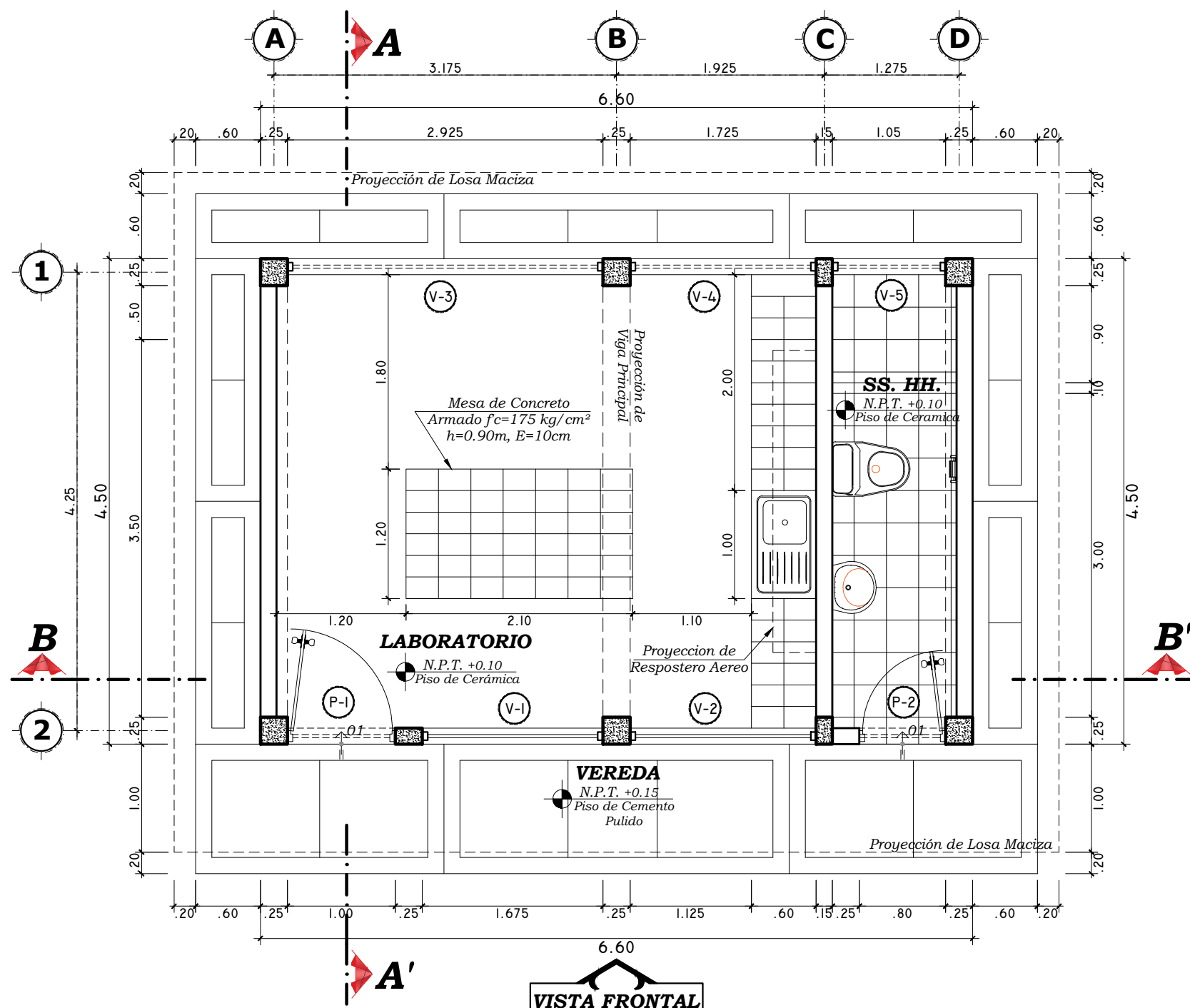
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:  
**DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - SAN HILARION - PICOTA - SAN MARTIN**

PLANO: **CISTERNA DE ALMACENAMIENTO - PLANTA, CORTES Y DETALLES**  
UBICACION: **DISTRITO DE SAN HILARION. PROVINCIA DE PICOTA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN**  
TESISTA: **BACH. VARGAS PAUCAR LUIS GUSTAVO**







CUADRO DE VANOS 1° PISO					
TIPO	ANCH.	ALTO	ALF.	CANT.	DESCRIPCIONES
P-1	1.00	2.90	--	01	DE PLANCHA METALICA, CON MARCOS DE 1" C" 2", BATIENTE - UNA HOJA
P-2	0.80	2.10	--	01	DE PLANCHA METALICA, CON MARCOS DE 1" C" 2", BATIENTE - UNA HOJA
<b>TOTAL</b>				<b>02</b>	
V-1	1.675	1.65	1.25	01	DE VIDRIO SEMIDOBLE, CON MARCO Y VICELES DE ALUMINIO.
V-2	1.725	1.65	1.25	01	DE VIDRIO SEMIDOBLE, CON MARCO Y VICELES DE ALUMINIO.
V-3	2.925	0.40	2.25	01	DE VIDRIO SEMIDOBLE, CON MARCO Y VICELES DE ALUMINIO.
V-4	1.725	0.40	2.25	01	DE VIDRIO SEMIDOBLE, CON MARCO Y VICELES DE ALUMINIO.
V-5	1.05	0.40	2.25	01	DE VIDRIO SEMIDOBLE, CON MARCO Y VICELES DE ALUMINIO.
<b>TOTAL</b>				<b>05</b>	

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

PROYECTO DE TESIS:

**DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - SAN HILARION - PICOTA - SAN MARTIN**

PLANO:

**PLANO DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**  
**ARQUITECTURA - PLANTA Y CORTES**

UBICACION:

**DISTRITO DE SAN HILARION- PROVINCIA DE PICOTA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN**

TESISTA:

**BACH. VARGAS PAUCAR LUIS GUSTAVO**



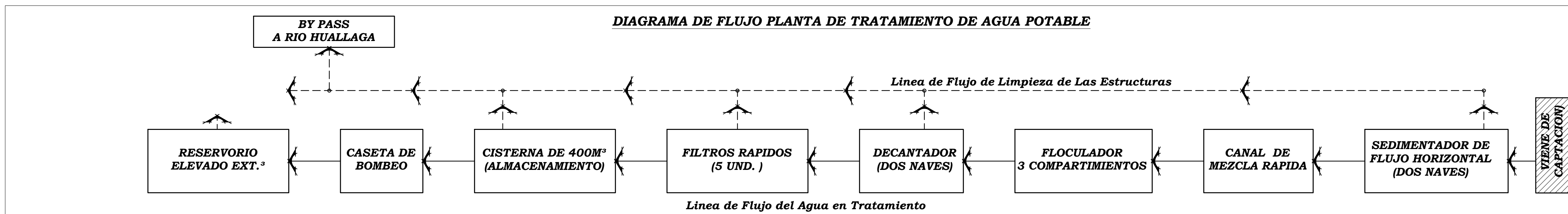
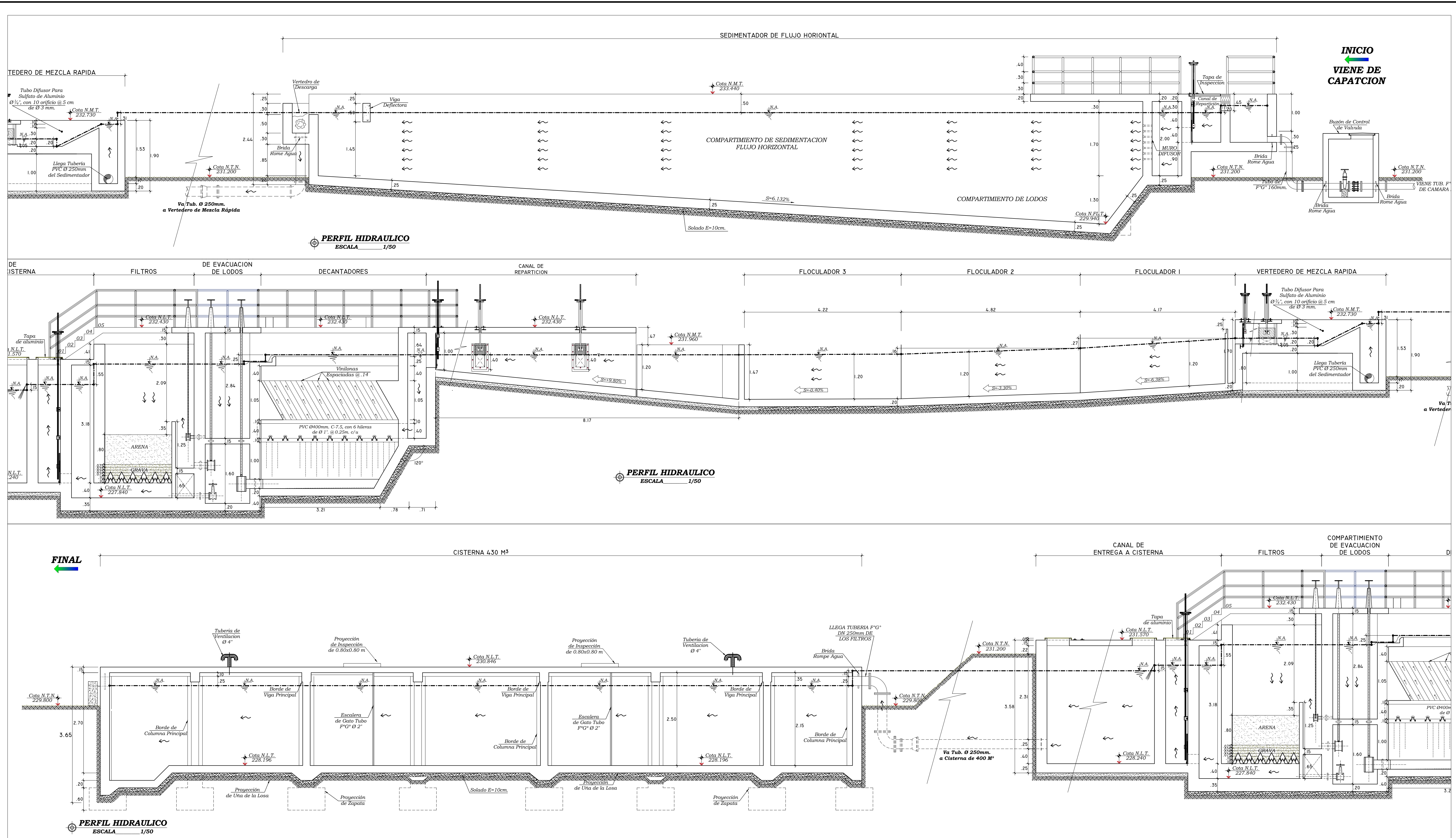
N° DE LAMINA: 15 DE 16

**PLC-A**  
**15**

FECHA:

**DIC. 2016**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE TESIS:  
**DISEÑO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE EN LA LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL DE SISA - SAN HILARION - PICOTA - SAN MARTIN**

PLANO:  
**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE  
PERFIL HIDRAULICO**

UBICACION:  
DISTRITO DE SAN HILARION- PROVINCIA DE PICOTA - DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

TESISTA:  
BACH. VARGAS PAUCAR LUIS GUSTAVO



**PH  
16**

FECHA:  
DIC. 2016